De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1

Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900

H.A.M. Snelders

bron
H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Deel 1: Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900.* Delftse Universitaire Pers, Delft 1993

Zie voor verantwoording: http://www.dbnl.org/tekst/snel016gesc01_01/colofon.htm



De Scheider.
Die u ontbind Dat is uw Vrind.



Het Groove weesen op den Test,
Geeft zynen Geest, of, Alderbest;
Soo soeckt de Wysheid door het Lyden,
Naa Liefdens eigenschap en wens,
Het Geest'lyck weesen uit de Mens,
Van't groove deel, tot Hem te Scheiden.

'De scheider', van Jan Luyken (Het menselijk bedrijf Amsterdam, 1694)

Ten geleide

We schrijven 1992. In onze complexe samenleving staat de scheikunde er niet goed op. ‘Het vak scheikunde is uit de gratie’ schrijft een bekende journalist. ‘Om eerlijk te zijn heb ik in het verleden wel eens verteld dat ik Frans studeerde’ zegt een scheikundig student, om vragen te voorkomen.

In 1993 bestaat de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging, KNCV, negentig jaar. Er zijn in Nederland sinds het vak tot ontwikkeling kwam zeer belangrijke prestaties op scheikundig gebied verricht. Er zijn perioden geweest waarin er voor deze prestaties een brede waardering bestond, dit was misschien het sterkst het geval in de jaren vijftig-zestig van onze eeuw.

In de tegenwoordige tijd bestaat ten aanzien van de scheikunde en al het chemisch handelen veelal een sfeer van wantrouwen. In brede kring wordt gedacht dat de scheikunde, de scheikundigen, veroorzakers van, vooral milieugerelateerde, problemen zijn. Er wordt daarbij vergeten dat dezelfde mensen die ervan worden verdacht de veroorzakers van deze problemen te zijn in hoge mate er toe bijdragen dat (milieu)problemen kunnen worden voorkómen, opgespoord en opgelost. Hoe komt dat, waarom zijn scheikunde en de scheikundigen zo weinig populair? Waarom laat men zich deze positie welgevallen?

Een omstandigheid die veel kan verklaren is dat de scheikundigen geen gevoel voor de promotie van hun eigen prestaties hebben. ‘Chemici hebben geen glamour’, is een vaak gehoorde mening. Inderdaad, vraag de Nederlander een bekende Nederlandse medicus te noemen. Het staat vast dat de naam van de chemicus Boerhaave vaak zal vallen. En vraag dezelfde mensen naar de naam van een bekende Nederlandse chemicus; zelfs de naam van Boerhaave zal waarschijnlijk niet worden genoemd.

‘Chemici hebben geen glamour’, de KNCV wil daar graag verandering in aanbrengen. In de toekomst moet dat anders zijn. Omdat vooralsnog alleen van het verleden de toekomst vast staat is het beschrijven van de geschiedenis van de scheikunde in Nederland een bijdrage aan deze taakstelling van de KNCV.

De KNCV is erg blij dat professor Snelders, een autoriteit op het gebied van de geschiedenis van de natuurwetenschappen, bereid was de prestaties van Nederlandse scheikundigen te beschrijven, want hoe vreemd dat ook moge zijn, zo'n geschiedschrijving bestond nog niet. Het deel dat nu gereed is - de geschiedenis tot het begin van deze eeuw - zal worden gevolgd door een tweede deel dat de twintigste eeuw zal omvatten en gepland is voor verschijning in 2003, als de KNCV honderd jaar bestaat.

Amsterdam, September 1992
Prof.dr. H. Timmerman,
voorzitter Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging

Voorwoord

In een gesprek met de secretaris van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging, ir. E.J. de Ryck van der Gracht, kwam het plan op om ter gelegenheid van het negentigjarig bestaan van de KNCV op 15 april 1993 een boek uit te geven over de geschiedenis van de scheikunde in ons land tot het begin van de twintigste eeuw. Dit boek zou gevolgd moeten worden door een geschiedenis van de scheikunde in ons land in de twintigste eeuw, dat ter gelegenheid van het eeuwfeest van de KNCV in het jaar 2003 zal moeten verschijnen.

Toen de hoogleraar in de organische scheikunde aan de Groningse Universiteit H.J. Backer vlak na zijn emeritaat een artikel in het *Chemisch Weekblad* schreef over ‘de belangrijkste bijdragen van Nederlandse chemici in de laatste halve eeuw’ (1953)[1.], merkte hij op: ‘In ons land heeft onder de chemici van oudsher een opmerkelijke belangstelling bestaan voor de vakgeschiedenis; ze geeft blijk van een besef voor de waarde van ons cultuurbezit’.[2.] Deze belangstelling heeft weliswaar geleid tot tal van detailstudies, waarvan in dit boek dankbaar gebruik is gemaakt, maar heeft tot nog toe niet geresulteerd in een geschiedschrijving van de ontwikkeling van de scheikunde in ons land. Ook recente algemene overzichten over de geschiedenis van de scheikunde, zoals die van J.R. Partington, H.M. Leicester of A.J. Ihde[3.], bezitten we niet van de hand van landgenoten. Alleen de Delftse hoogleraar in de analytische chemie C.J. van Nieuwenburg schreef een *Korte geschiedenis van de chemie* (1961), ‘een samenvatting van de colleges over dit onderwerp die ik sinds 1933 op ongeregelde tijden, als een cursus van één uur per week, telkens gedurende twee achtereenvolgende jaren, heb gegeven aan de Technische Hogeschool te Delft’.[4.] Het bleek Van Nieuwenburg dat een groot aantal scheikundigen en aanstaande scheikundigen een levende belangstelling toonden voor de vraag ‘hoe dat allemaal is gegroeid’. Vandaar dat hij na zijn emeritaat, toen hij ‘op die vraag niet meer een mondeling antwoord [kon] geven’ probeerde die ‘belangstelling schriftelijk te bevredigen’.

Recente overzichten over de geschiedenis van de natuurwetenschappen, geneeskunde en farmacie in ons land bezitten we reeds[5.]. Het voor U liggende boek probeert een algemeen overzicht te geven van de ontwikkeling van de scheikunde zoals die in ons land is beoefend. Er is niet naar volledigheid gestreefd. Het boek is een overzicht geworden van de ontwikkeling van de scheikunde in Nederland vanaf het tijdperk van de alchemie tot aan de oprichting van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging, waarbij op een aantal hoogtepunten dieper is in gegaan.

Bilthoven, 22 September 1992
Prof. dr. H.A.M. Snelders

Eindnoten:

1. H.J. Backer, *Chemisch Weekblad* 49(1953)582-593
2. H.J. Backer, *idem*, p.589
3. J.R. Partington, *A History of Chemistry* (Londen, New York, 4 delen, 1961-1970); H.M. Leicester, *The historical background of chemistry* (New York, Londen, 1956); A.J. Ihde, *The development of modern chemistry* (New York, 1964). Vgl.: J. Weyer, *Chemiegeschichtsschreibung van Wiegleb*

(1790) bis Partington (1970). Eine Untersuchung über ihre Methoden, Prinzipien und Ziele (Hildesheim, 1974)
4. C.J. van Nieuwenburg, *Korte geschiedenis van de chemie* (Hilversum, 1961), voorwoord.
5. K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin. Geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland 1580-1940* (Amsterdam, 1985); G.A. Lindeboom, *Geschiedenis van de medische wetenschap in Nederland* (Bussum, 1972) en D.A. Wittop Koning, *Compendium voor de geschiedenis van de pharmacie van Nederland* (Lochem, Gent, 1986)

I. De historiografie van de scheikunde in Nederland

In zijn *Beginsels der Natuurkunde, Beschreeven ten dienste der Landgenooten* (1739) sprak de Utrechtse (1723-1739) en later Leidse (1740-1761) hoogleraar Petrus van Musschenbroek (1692-1761) zich nadrukkelijk uit voor de beoefening van de experimentele natuurkunde. Het was voor hem daarbij niet voldoende om alleen waarnemingen te doen; het is ook noodzakelijk na te denken over de oorzaken van de waargenomen verschijnselen. ‘Hiertoe zijn proeven noodig, waardoor men de Natuur als met geweld opent, en in haare geheimen met kracht zoekt in te dringen’.[1.] In dat verband verwijst Van Musschenbroek naar de ‘Scheikonstenaars, welke men de waare Ontleeders der lighaamen noemen mag, omdat zy zodanige verborgenheden ontdekken, welke van geen mensch, hoe schrander ook, zouden uitgedacht zyn geworden, en zy geeven dus dikwyls de waare oorzaak van eenige verschynsels aan de hand, waartoe men zonder hunne hulpe niet zou gekoomen zyn: hierom kan geen regte Wysgeer de Scheikonst ontbeeren: men is als blind, zolang men de groote lighaamen niet van een gescheiden, en hunne verscheide deelen gezien heeft: ik heb hierom deeze nutte kunst overal te hulp geroepen, waaraan men de fraaiste ontdekkingen verschuldigd is’.

Van Musschenbroeks gebruik van de woorden ‘Scheikonstenaar’ en ‘Scheikonst’ was niet nieuw. Het *Groot Placaatboek* vermeldt de ‘scheider’ in een placaat van 1586[2.]: ‘De voorsz Affineurs ende *Scheyders*’ als iemand die goud en zilver zuivert. De bekende natuuronderzoeker Simon Stevin (1548-1620) noemt in zijn *De Wysentyt*, dat afgedrukt is in het eerste deel van de *Wisconstighe Ghedachtenissen, inhoudende t'ghene daer hem [= zich] in gheoeffent heeft den Doorluchtichsten Hoochgheboren Vorst ende Heere, Maurits, Prince van Oraengien [...]* uit 1608, ‘Stoffscheyding [...] deur welcke de menschen het wesen der stoffen tot haren grooten voordeele, anders ondersoucken en kennen, dan hemlien sonder die groote const menghelick was te begrijpen’.[3.]

In de zeventiende eeuw vinden we tal van boeken, die in de titel een woord als ‘scheydeconst’, kunst van het scheiden, bevatten. Zo verscheen in 1678 in Amsterdam *De nieuwe Hedendaagsche Stofscheiding ofte Chymia* van Stephen Blankaart, terwijl in 1696 in dezelfde stad een werk van Jacob le Mort werd gepubliceerd: *Chymia medico-physica. Dat is geneeskundige en natuurkundige Scheikonst*. In zijn *Het Philoosophische Laboratorium, Of der Chymisten Stook-huis* uit 1683 spreekt Nicolaas Lemery over de ‘chymie of schei-konst’ als ‘een konst om verscheide wesens te scheiden, die in de gemengelde lighamen zyn’.[4.]

Al vroeg bestond onder de scheikundigen van ons land belangstelling voor de ge-

schiedenis van hun vak. Afgezien van de historische bijzonderheden in leer- en handboeken, zoals in Herman Boerhaaves *Elementa Chemiae* (1732), dateert de eerste originele bijdrage tot de geschiedenis van de scheikunde uit 1796. Het is de *Korte Schets van de geschiedenis der scheikunde* van de Amsterdamse scheikundige Adriaan Paets van Troostwijk. Tegen het einde van de vorige eeuw promoveerden een tweetal studenten op een chemisch-historische dissertatie: de medicus Willem de Lange, die in 1884 in Leiden promoveerde op *Boerhaave's 'Elementa Chemiae'* en de apotheker Adriaan Robertson, die in 1887 in Amsterdam zijn doctorsgraad behaalde met een proefschrift over *Boyle en Boerhaave beschouwd als scheikundigen*.

Robertsons promotor was de hoogleraar scheikunde Jan Willem Gunning (1827-1900), die vanaf het studiejaar 1882-1883 'een college over historische chemie [gaf], eerst 's avonds, later 's morgens, dat als een merkwaardige verschijning mag begroet worden'.[5.] Het college, 'welks druk bezoek een verblijdend verschijnsel is in tijden, dat er zooveel over examenstudie geklaagd wordt', werd door de studenten zeer gewaardeerd. Gunnings doel was hen te 'doen inzien hoe door de gedachten der eeuwen één verbindende draad loopt, en hoe eerst de kennis van wat 't verleden gedacht heeft ons brengen kan tot waardeering van wat 't heden denkt'.[6.]

Gunnings colleges waren van grote invloed op de scheikundestudent Charles Marius [Chap] van Deventer (1860-1931). Deze studeerde vanaf 1880 in Amsterdam bij Jacobus Henricus van 't Hoff en promoveerde op 13 december 1884 bij Gunning op het proefschrift *Schetsen uit de geschiedenis van de scheikunde*. Van Deventer, die uit een letterkundig begaafd geslacht stamde (zijn oom was de criticus, essayist en romanschrijver Conrad Busken Huet), was leraar in Goes (1886) en daarna (van 1887-1895) assistent bij Van 't Hoff. Van 1897-1909 was hij leraar scheikunde aan het gymnasium Willem III te Batavia. Geheel zijn leven bleef Van Deventer een grote literaire belangstelling houden. Vanaf de oprichting in 1881 was hij lid van de Amsterdamse letterkundige vereniging *Flanor* en vanaf 1887 publiceerde hij, naast vele chemische artikelen, beschouwingen over filosofie en cultuur-historische onderwerpen, met name over Plato. Zowel het *Chemisch Weekblad* als *De Nieuwe Gids*, het tijdschrift van de Tachtigers waar hij toe behoorde, bevatten talrijke artikelen van zijn hand. In 1922-1923 hield hij als privaatdocent een reeks voordrachten over de geschiedenis van de scheikunde aan de Utrechtse Universiteit, welke hij publiceerde onder de titel: *Grepen uit de historie der chemie* (1924).

De Nederlandse wetenschapshistoricus Eduard Jan Dijksterhuis (1892-1965), toen leraar wis- en natuurkunde aan de Rijks hogere burgerschool Willem II te Tilburg, was niet erg enthousiast over Van Deventers *Grepen*. Weliswaar was Van Deventer een 'overtuigd voorstander van de in natuurwetenschappelijke kringen nog zoo uiterst weinig aanvaarde opvatting, dat de wetenschapsgeschiedenis geen aanhangsel, maar veeleer een der centrale gebieden van het groote rijk der physischchemische vakken is'[7.], maar Dijksterhuis had twee ernstige bezwaren tegen het boek. Allereerst dat het gebaseerd is op secundaire bronnen in plaats van op originele tekstfragmenten van de behandelde auteurs zelf en verder dat de noten alleen verwijzen naar historische werken en niet naar de oorspronkelijke bronnen. Van Deventer zelf bezag de geschiedenis van de scheikunde als romanticus. Hij besluit de 25ste en laatste voordracht met de woorden: 'Tal van malen wees ik er op, dat in de geschiedenis der groote vondsten van ons vak iets sprookjesachtigs, iets wonder-

baarlijks, iets nauw geloofIijks is'.[8.] Ondanks Van Deventers (neo)positivistische methode, is het lezen van zijn boek nog steeds de moeite waard.[9.]

Tegen het eind van de vorige en het begin van deze eeuw, kende ons land in Henricus Petrus Maria van der Horn van den Bos (1848-1913), leraar (1874) en directeur (1880) van de hogere burgerschool Willem II in Tilburg en later schoolopziener in het arrondissement Tilburg (1897) en het district 's-Hertogenbosch (1898)[10.], een chemiehistoricus die zich intensief bezighield met de bijdragen van Nederlandse wetenschappers tot de scheikunde in het laatste kwart van de achttiende eeuw. Behalve artikelen over verschillende Nederlandse chemici uit die tijd, behandelde hij in twee bekroonde prijsvragen uitvoerig *De Nederlandsche Scheikundigen van het laatst der vorige eeuw. Een onderzoek naar hunne verdiensten, en aanwijzing van den invloed, dien zij hebben uitgeoefend ter bevestiging en uitbreiding van de theorie van Lavoisier* (1881), het antwoord op een prijsvraag uitgeschreven door het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, en *Het aandeel, dat de scheikundigen in Frankrijk, Engeland, Duitschland en Noord- en Zuid-Nederland hebben gehad in het tot algemeene erkenning brengen van het Systeem van Lavoisier* (1895), uitgeschreven door het Genootschap ter bevordering der Natuur-, Genees- en Heelkunde te Amsterdam. Net als zijn tijdgenoot Van Deventer bezag ook Van der Horn van den Bos de geschiedenis van de scheikunde vanuit een positivistisch standpunt.

In de eerste helft van deze eeuw werd een reeks landgenoten geïnspireerd tot het beoefenen van de geschiedenis van hun vak in de schaarse vrije tijd die zij daarvoor ter beschikking hadden. De belangrijksten onder hen zijn Cohen, Jorissen en Jaeger. De meest vruchtbare was Ernst Julius Cohen (1869-1945), die vanaf 1902 hoogleraar in de fysische en anorganische chemie in Utrecht was.[11.] Cohens geschiedkundig werk is het beste te karakteriseren als een 'histoire intime', een 'histoire anecdotique'. Hij schreef een biografie over zijn leermeester: *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (1912) en publiceerde naast zijn talrijke fysisch-chemische onderzoekingen veel historische studies, waaronder *Das Lachgas. Eine chemisch-kulturhistorische Studie* (1907), *Herman Boerhaave en zijne beteekenis voor de chemie* (1918), talrijke biografische artikelen over G.J. Mulder, H.J. Hamburger, C.A. Lobry de Bruyn, D.G. Fahrenheit, enz. en tussen 1906 en 1942 een reeks 'Chemisch-historische Aanteekeningen' in het *Chemisch Weekblad*.[12.]

In zijn historisch werk ging het Cohen niet zozeer om de historische ontwikkeling van scheikundige theorieën, maar vooral om het biografische en het anekdotische, waardoor hij tal van onbekende feiten aan de vergetelheid wist te onttrekken. Cohen was een typische positivist. Net zoals in zijn wetenschappelijk werk niets vaststond dat niet door het experiment was geverifieerd, was zijn historisch werk een beschrijving van feiten en ontbreekt iedere historische en culturele context. Elke vorm van wijsgerige reflectie was hem dan ook vreemd. Zijn biografie en talrijke artikelen over zijn leermeester Van 't Hoff bevatten vrijwel alles wat over het leven van zijn geliefde vriend was te vermelden, maar men krijgt er nauwelijks een goed idee uit van diens historische plaats en betekenis voor de wetenschap van zijn tijd. Om zijn studenten belangstelling bij te brengen voor de geschiedenis van de scheikunde, had hij de wanden van het van 't Hoff-laboratorium volgehangen met portretten en prenten van chemici! Zijn leerling Reyer Hooykaas (geb. 1906) promoveerde daar-

om niet bij hem, maar bij Kruyt, hoewel die zichzelf karakteriseerde als een 'dilettant op deze gebieden, maar toch met een warme belangstelling'.[13.]

Willem Paulinus Jorissen (1869-1959)[14.], een van de laatste leerlingen van Van 't Hoff in Amsterdam, was privaatdocent in de technische en fysische chemie (1902) en van 1908 tot zijn emeritaat in 1940 lector in de anorganische en fysische chemie in Leiden. Hij was een van de oprichters van de Nederlandsche Chemische Vereeniging en was vanaf het begin (1903) redacteur van het *Chemisch Weekblad* en van 1911 tot 1940 redacteur-administrateur van het *Receuil des travaux chimiques des Pays-Bas*. In 1909 verscheen van zijn hand het boek: *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium der Universiteit te Leiden van 1859-1909 en de chemische laboratoria dier universiteit vóór dat tijdvak en hen, die er in doceerden*; met L.Th. Reicher schreef hij: *J.H. van 't Hoffs Amsterdamer Periode: 1877-1895* (1912). Naast zijn chemisch werk, dat vooral onderzoekingen over oxydatieverschijnselen omvatte, verschenen er in het *Chemisch Weekblad* talrijke historische artikelen, vooral herdenkingsartikelen over jubilerende en overleden chemici. Daarmee werd hij de 'geschiedschrijver' van de lotgevallen van de Chemische Vereniging.

Jorissen kwam tot zijn historisch werk door het voorbeeld van Cohen. Zijn publikaties op dat gebied 'getuigen van een nauwgezet nasnuffelen van heel wat oude literatuur, waardoor o.a. verscheidene bizonderheden van het werk van oude Hollandsche chemici aan het licht gekomen zijn, welke de opgaven in de standaardwerken over de geschiedenis der chemie verbeteren en aanvullen'.[15.]

Frans Maurits Jaeger (1877-1945), lector in de chemische propaedeuse (1908) en hoogleraar in de anorganische en fysische chemie en het propaedeutisch onderwijs in de chemie (1909-1943) in Groningen[16.], gaf van 1908 tot ongeveer 1918 colleges geschiedenis van de scheikunde en publiceerde het boek: *Elementen en atomen eens en thans. Schetsen uit de ontwikkelingsgeschiedenis der elementenleer en atomistiek* (1918; tweede druk 1920), dat speciaal geschreven was 'voor studeerenden in de natuurwetenschappen aan Nederlandsche universiteiten en hoogescholen'.

Jaeger is een typisch voorbeeld van de generatie wetenschapshistorici in ons land, die, als overtuigd positivist, zich vooral richtten op de interne ontwikkelingen van hun vak. De normen en waarden van de wetenschap uit zijn eigen tijd legde hij op aan die uit het verleden. Als experimenteel chemicus zag hij zich in 1918 wegens de rantsoenering van brandstof gedwongen het laboratoriumwerk tijdelijk te staken. Uit deze periode stammen de meeste van zijn historische publikaties, waaronder een bundeling van een aantal belangrijke studies over enige Nederlandse wetenschapsbeoefenaars uit de 16e en de 17e eeuw (*Historische studiën*, 1919), een verhandeling 'Over Johann Joachim Becher en zijne relaties met de Nederlanden' (1919) en in 1922 een studie over *Cornelis Drebbel en zijne tijdgenooten*.

Behalve het bovengenoemde drietal, vinden we ook bij andere chemici uit de eerste helft van onze eeuw een meer dan marginale belangstelling voor de geschiedenis van de scheikunde. Hilmar Johannes Backer (1882-1959)[17.], die van 1916-1952 hoogleraar organische chemie in Groningen was, had grote belangstelling voor de geschiedenis van de chemische apparatuur, hetgeen resulteerde in zijn: *Oude chemische werktuigen en laboratoria van Zosimos tot Boerhaave* (1918), de uitwerking van een rede die hij bij de opening van het nieuwe organisch-chemisch laboratorium van de Groningse Universiteit op 15 december 1917 had gehouden. Het boekje bevat

weliswaar een goed overzicht van de ontwikkeling van de chemische apparatuur, maar het is een opsomming, geen geschiedenis.[18.]

De historische belangstelling van de Leidse hoogleraar in de organische chemie Jan Johannes Blanksma (1875-1950)[19.] blijkt niet alleen uit verschillende artikelen, maar ook uit de onder zijn leiding tussen 1932 en 1937 bewerkte acht historische dissertaties. Op instigatie van Blanksma werden er aan de Leidse universiteit tal van jaren colleges in de geschiedenis van de scheikunde gegeven door zijn leerling Jan van Alphen (geb. 1900), persoonlijk lector in de organische scheikunde (1928-1946) en conservator van het organisch-chemisch laboratorium (1926-1946). Na het emeritaat van zijn leermeester in 1946, verliet hij de universiteit en begon een nieuwe carrière in de chemische industrie.[20.]

Blanksma's voorliefde ging uit naar de geschiedenis van de technische wetenschap in Holland in de zeventiende eeuw. In 1931 publiceerde hij over de geschiedenis van de steenkool als brandsfof omstreeks 1600.[21.] Onder zijn leiding bewerkte mej. Clasine Petronella van Kerkwijk een biografie van *Antoine Paul Nicolas Franchimont 1844-1919* (1934). Herman Gerard Theodoor Frencken en Willem Leendert Johannes de Nie[22.] bestudeerden de ontwikkeling van de Nederlandse textielververij. Gerrit Tierie promoveerde in 1932 over *Cornelis Drebbel (1572-1633)*, Willem Ploeg in 1934 over *Constantijn Huygens en de natuurwetenschappen* en mej. Christina Sandrina Maks in 1935 op een proefschrift over de Zuid-Nederlandse ingenieur *Salomo de Caus 1576-1626*. De negentiende eeuw liet Blanksma over aan Van Alphen, onder wiens leiding drie proefschriften werden bewerkt, waarbij Blanksma als promotor optrad: Adriaan Cornelis Willem Roodvoets over *Het ontstaan van het begrip valentie* (1934), Tammo Rienko Anton Beukema over *De ontwikkeling van het begrip valentie* (1935) en Willem Labruyère over *G.J. Mulder (1802-1880)* (1938). Deze dissertaties zijn meer beschrijvend dan analyserend. Blanksma zelf hield zich na zijn emeritaat intensief bezig met chemisch-historische onderzoekingen. Behalve enige kleinere publikaties in het *Chemisch Weekblad*, publiceerde hij een groot artikel ‘over kwik, kwikoxyden, kwiksulfiden, cinnaber en vermiljoen’[23.], waaruit zijn oude liefde voor de chemische techniek uit het verleden weer naar boven komt.

Dat niet iedere chemicus geïnteresseerd was in de geschiedenis van zijn vak, blijkt uit een uitspraak van Van 't Hoff: ‘Historisch onderzoek [...] lijkt mij iets voor een scheikundige in zijn nadagen, als hij geen vakideeën meer voortbrengt, en het laboratorium hem te zwaar valt’.[24.] Wanneer er al belangstelling voor de geschiedenis van de scheikunde bij de gemiddelde chemicus bestond, beperkte deze zich meestal tot het bijeenbrengen van een verzameling oude chemische werken. De ‘Historische Commissie uit de Nederlandsche Chemische Vereeniging’, bestaande uit Cohen, Copius Hoitsema (controleur-generaal van 's Rijks Munt in Utrecht) en Van der Horn van den Bos, stelden in 1906 een ‘Lijst [samen] van chemische werken, door Nederlanders vóór omstreeks 1865 geschreven, alsmede van werken door vreemde chemici, in ons land bewerkt of uitgegeven’.[25.] De Historische Commissie bracht ook een fraaie historische bibliotheek bijeen, die in het van 't Hofflaboratorium in Utrecht werd ondergebracht.[26.]

Tot deze generatie chemiehistorici in ons land behoorde ook Hooykaas, die van 1923-1930 scheikunde in Utrecht had gestudeerd en op 1 juni 1933 bij Kruyt promoveerde op het proefschrift: *Het begrip element in zijn historisch-wijsgeerige ontwik-*

keling. Hooykaas werd leraar scheikunde in Amsterdam en Zeist en kreeg de eerste leerstoel voor de geschiedenis van de natuurwetenschappen in ons land: in 1945 werd hij buitengewoon en in 1948 gewoon hoogleraar aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Hij bleef dat tot 1967, toen hij in Utrecht werd benoemd. Tot 1971 was hij tevens buitengewoon hoogleraar aan de Vrije Universiteit. In 1976 ging hij met emeritaat.

Hooykaas beperkte zich echter niet tot de geschiedenis van de scheikunde. Tot zijn hoogleraarsbenoeming publiceerde hij artikelen over de middeleeuwse alchemie en over Paracelsus. Naast deze aandacht voor de ontwikkeling van chemische grondbegrippen, had hij vanaf zijn studietijd grote belangstelling voor de verhouding geloof en wetenschap. In 1934 verscheen een studie over *Natuurwetenschap en religie in het licht der historie*. Daarna schreef hij in het *Orgaan van de Christelijke Vereeniging van Natuur- en Geneeskundigen in Nederland* over 'de invloed der biologie op de anorganische natuurwetenschappen' (1936), 'het hypothesenbegrip van Kepler' (1939), 'Pascal, zijn wetenschap en zijn religie' (1939) en 'Robert Boyle. Een studie over natuurwetenschap en Christendom' (1942).

Hooykaas zag de 'Wissenschaftgeschichte [als] eine Brücke zwischen Natur- und Geisteswissenschaft'.[27.] Zijn wetenschapshistorische methode blijkt al uit het voorwoord van zijn dissertatie. In tegenstelling tot de a-historische en zelfgenoegzame houding van de chemici uit zijn tijd tegenover de alchemie en de flogistontheorie, wilde hij in zijn proefschrift aantonen dat de alchemistische zwavel-kwik theorie weliswaar een foutieve, maar toch een echte wetenschappelijke theorie is. 'Het is dwaasheid te meenen, dat de oude chemici eenigszins achterlijk waren in hun denkwijze; zij gingen bij de oplossing van de hun gestelde problemen even logisch of onlogisch te werk als wij. Een juist oordeel over hen kan slechts geveld worden als men de moeite neemt zich in het verleden in te leven, zich te plaatsen op het wijsgeerig standpunt van een tijd, en het later ontdekte feitenmateriaal te vergeten. Legt men echter de 19e-eeuwsche maatstaf aan, dan moeten onze voorgangers er wel slecht afkomen [...]'.[28.]

In Amsterdam werd in 1947 Robert Jacobus Forbes (1900-1973) tot bijzonder hoogleraar vanwege de Allard Pierson Stichting in de geschiedenis van de toegepaste natuurwetenschappen en de techniek, voornamelijk in de Oudheid aan de Universiteit van Amsterdam benoemd. Hij was werkzaam bij de Koninklijke/Shell-Groep en was van 1958 tot 1969 secretaris van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. In 1960 werd hij benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de geschiedenis van de natuur- en scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam. Forbes was een buitengewoon productief schrijver, vooral op het gebied van de geschiedenis van de techniek in de Oudheid en de petroleumtechnologie. In 1948 verscheen zijn *Short history of the art of distillation*.

Verschillende chemici promoveerden na de tweede wereldoorlog op een chemisch-historisch onderwerp: H.A. Das (*Over de historische ontwikkeling van het begrip 'molecuulverbinding'*; 1962), H.J. van der Beek (*E.H. von Baumhauer. Zijn betekenis voor de wetenschap en de Nederlandse economie*; 1963), J.W. van Spronsen (*The periodic system of chemical elements*; 1969), H.A.M. Snelders (*Over de invloed van Kant, de romantiek en de 'Naturphilosophie' op de anorganische natuurwetenschappen in Duitsland;* 1973), E. Glas (*Chemistry and physiology in their historical*

and philosophical relations; 1979), H.H. Kubbinga (*Le développement historique du concept de 'molécule' dans les sciences de la nature jusqu'à la fin du XVIIIe siècle*; 1979) en E.P. van Emmerik (*J.J. van Laar (1860-1938). A mathematical chemist*; 1991).

Eindnoten:

1. P. van Musschenbroek, *Beginsels der Natuurkunde. Beschreeven ten dienste der Landgenooten* (Leiden, 1739). Voorreden. Vgl.: C. de Pater, *Petrus van Musschenbroek (1692-1761), een Newtoniaans natuuronderzoeker*. Dissertatie Utrecht (Utrecht, 1979)
2. *Groot Placaatboek, vervattende de Placaten, Ordonnantien ende Edicten van de Staten Generaal der Vereenighde Nederlanden, van de Staten van Hollandt en West-Vrieslandt, mitsgaders van de Staten van Zeelandt*. Bij een gebracht door C. Cau, S. van Leeuwen en J. van der Linden ('s-Gravenhage en Amsterdam, 1658-1796), deel I, p. 2640
3. S. Stevin, *The Principal Works* (Amsterdam, 1961), deel III, p. 604. Vgl.: E.J. Dijksterhuis, *Simon Stevin* ('s-Gravenhage, 1943), p. 315
4. N. Lemery, *Het Philoosophische Laboratorium, Of der Chymisten Stook-huis* (Amsterdam, 1683), p.2
5. *Almanak van het Amsterdamsch Studentencorps voor het jaar 1884*, p. CLXVIII
6. *Idem*.
7. E.J. Dijksterhuis, 'Over van Deventer's grepen uit de historie der chemie', *De Gids* 88(1924), III, 395-402 (396)
8. Ch.M. van Deventer, *Grepen uit de historie der chemie* (Haarlem, 1924), p. 524
9. Over Van Deventer, zie: W. Kloos, J.H. van 't Hoff, W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *Chemisch Weekblad* 6(1909)1005-1014; J.J. van Laar, *Chemisch Weekblad* 28(1931) 547-550; H.G.M. Prick, *Handelingen Koninklijke Zuidnederlandse Maatschappij voor Taal- en Letterkunde* 23(1969)275-356 en J. Meijer, *De Nieuwe Taalgids* 67(1974)54-63
10. W.P. Jorissen, 'H.P.M. van der Horn van den Bos (1848-1913)', *Chemisch Weekblad* 10(1913)1042-1046
11. H.A.M. Snelders, *Biografisch Woordenboek van Nederland* ('s-Gravenhage, 1979), deel I, pp. 114-115
12. C.A. Browne, 'Dr. Ernst Cohen as Historian of Chemistry', *Journal of the chemical education* 25(1948)302-307
13. H.R. Kruyt, 'Afscheidscollege gehouden op vrijdag 20 September 1946 in de Collegezaal van het Organisch Chemisch Laboratorium te Utrecht', *Chemisch Weekblad* 42(1946)264-270 (267)
14. H.A.M. Snelders, *Biografisch Woordenboek van Nederland* (Amsterdam, 1985), deel II, pp. 268-269
15. A. Slingervoet Ramondt, 'Jorissen's arbeid op historisch-chemisch gebied', *Chemisch Weekblad* 18(1921)606
16. C.L. Hogardi, 'Frans Maurits Jaeger: een chemicus als historicus', *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 7(1984)183-195; H.A.M. Snelders, *Biografisch Woordenboek van Nederland* (Amsterdam, 1985), deel II, pp. 256-257
17. H.A.M. Snelders, *Biografisch Woordenboek van Nederland* (Amsterdam, 1985), deel II, p. 19
18. Vergelijking van het boekje van Backer met een bijdrage van Hooykaas tot dit onderwerp, laat het verschil van aanpak duidelijk zien. (R. Hooykaas, De geschiedenis van uitvindingen en ontdekkingen: Scheikunde. *Eerste Nederlandse Systematisch Ingerichte Encyclopaedie (ENSIE)*. Amsterdam, 1950. Deel IX, pp. 528-543)
19. L. Seekles, 'Bij het afscheid van Prof. Dr. J.J. Blanksma', *Chemisch Weekblad* 42(1946)14-18; J. van Alphen, 'In memoriam Prof. Dr. J.J. Blanksma 24 Jan. 1875-22 Aug. 1950', *Chemisch Weekblad* 46(1950)793-195
20. W. Gaade, 'Bij het afscheid van Dr. J. van Alphen als lector', *Chemisch Weekblad* 42(1946)144-145. Van Alphen schreef 'als hulpmiddel bij de door mij gegeven colleges in de geschiedenis der organische chemie' een *Overzicht over de geschiedenis der organische chemie vóór 1870* (Leiden, Amsterdam, 1933)
21. J.J. Blanksma, *Chemisch Weekblad* 28(1931)210-213 en 314-316
22. H.G.Th. Frencken, *T bouck va wondre 1513* (Roermond, 1934); W.L.J. de Nie, *De ontwikkeling der Noord-Nederlandsche textielververij van de veertiende tot de achttiende eeuw* (Leiden, 1937)

23. J.J. Blanksma, *Chemisch Weekblad* 44(1948)456-464
24. Naar: Ch.M. van Deventer, 'Jacobus Henricus van 't Hoff. 1852-1911. In Memoriam', *De Gids* 75(1911), II, 138-155 (147). Een van de stellingen tot Van 't Hoffs proefschrift luidde echter: 'Er diende in de philosophische faculteit een leerstoel voor vergelijkende geschiedenis der natuurwetenschappen te worden opengesteld' (J.H. van 't Hoff, *Bijdrage tot de kennis van cyanazijnzuur en malonzuur*. Utrecht, 1874, p. 95, stelling XXVI)
25. *Chemisch Weekblad* 3(1906)99-123. Een aanvulling gaf P.A. Meerburg, *Chemisch Weekblad* 5(1908)235-253
26. 'Catalogus der bibliotheek, bijeengebracht door de "Historische Commissie"', *Chemisch Weekblad* 5(1908)857-861. In 1954 werd de in de loop der jaren steeds uitgebreide bibliotheek in bruikleen geplaatst in het Rijksmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen te Leiden (thans Museum Boerhaave)
27. R. Hooykaas, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 5(1982)153-172. Zie: H.H. Kubbinga, 'De wetenschapshistoricus Hooykaas', *Intermediair* 18(1982), nr.2, p. 33, 35; H.A.M. Snelders, 'Prof. Dr. R. Hooykaas: 50 jaar doctor', *Chemisch Weekblad* 79(1983)182
28. R. Hooykaas, *Het begrip element in zijn historisch-wijsgeerige ontwikkeling* (Utrecht, 1933), pp. 12-13. Zie ook: *Capita selecta uit het werk van Prof. Dr. R. Hooykaas* (Utrecht, 1976. Met bibliografie) en R. Hooykaas, *Selected studies in history of science* (Coimbra, 1983)

II. Het tijdperk van de alchemie

Inleiding

'Ten huyse van Fredrick Muntynchx, op den hoeck van de Groenmarckt tot Middelburgh, is dit alles gebeurt. Dit goudt is een deel van 1¾ onsen gouds op den derden dagh van Maert anno 1604 gemaeckt by eenen Schossen Edelman, van vier onsen loots, die Fredrick Muntynchx op syne begeerte in een kroes dede smelten, met een deel gestooten solphers, ende als het wel gloejende was, gaf hy aen Fredrick Muntynchx een greyn swaer root poejer daer in te werpen, als hij s[ua] m[anu] dede, en als het ontrent een half uyre tijds heet verblasen was, uytgietende, soo was het 1 3/4 onsen goudt, ende wierdt bij Herman Cluyssen, den muntassajeur, door de cappelle [= cupel] bij het waeter, bevonden houdende 23 caraet en 6 greynen; het sonneken is Muntynchx teecken'.[1.] Aldus het verslag van het met succes bereiden van goud uit lood door de Middelburgse goudsmid Fredrick Muntynchx op 3 maart 1604. Het verslag was tachtig jaar later in het bezit van de Rotterdamse apotheker Pieter Doelman. Diens buurman, de chirurgijn Barent Hovius, nam het in 1684 over in zijn receptenboek. De beschrijving van de transmutatie van lood in goud volgt het geëigende patroon: lood en zwavel werden in een kroes gesmolten en een rood poeder, ter beschikking gesteld door een Schotse edelman, kennelijk een alchemist, werd toegevoegd. De plaatselijke muntessayeur keurde het verkregen goud, waarna het door de goudsmid met zijn teken, een zon, werd gewaarmerkt.

De westerse alchemie ontstond omstreeks het begin van onze jaartelling in Egypte uit een combinatie van Alexandrijns syncretisme (een vermenging van Griekse wijsgerige systemen en oosterse mystiek) en Egyptisch-hellenistische metallurgie en goudsmederij.[2.] De theorie ervan was vooral op de leer van de Griekse wijsgeer Aristoteles (384-322 v.C.) gebaseerd: alle stoffen bestaan uit de vier elementen aarde, water, lucht en vuur, die op hun beurt gekenmerkt zijn door de algemene kwaliteiten droog, koud, vochtig en warm. Aarde is droog en koud; water vochtig en koud; lucht vochtig en warm en vuur droog en warm. In de latere filosofie van de Stoa werd aan deze kwaliteiten een stoffelijke natuur toegekend. De materie is dan een kwaliteitloze oerstof. Alle verandering vindt plaats onder invloed van een bewegende kracht. De eigenschappen zelf zijn pneumata, geesten, die in de materie doordringen. Door alchemistische bewerkingen probeerde men een eigenschap van een element of van een stof, die uit de vier elementen is opgebouwd, weg te nemen of toe te voegen aan een andere stof (projectie), waardoor een nieuwe stof ontstaat (transmutatie). Een stof wordt omgezet in een andere stof door er de gewenste eigenschap-

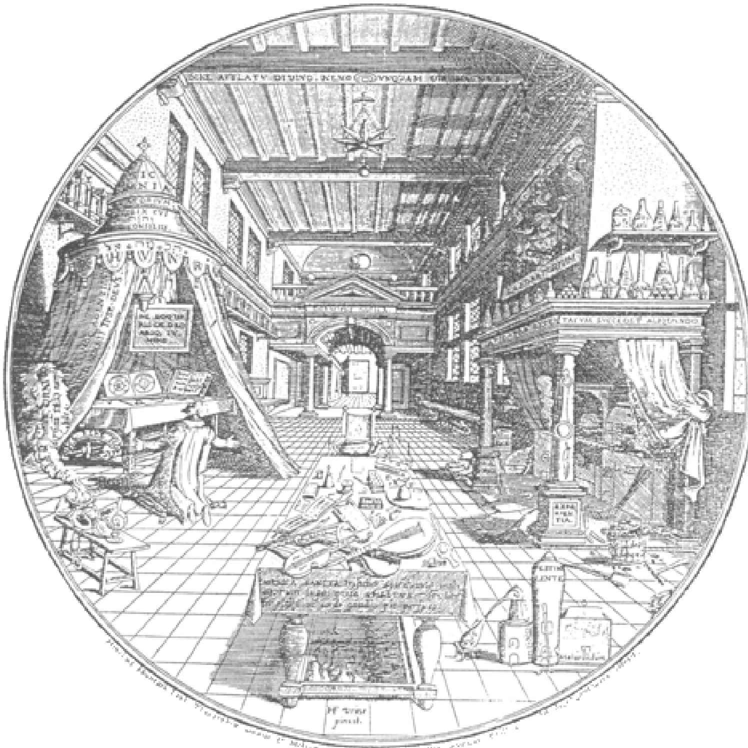
pen aan toe te voegen. Bij de alchemisten had een eigenschap als rood dan ook een stoffelijke natuur en werd als het ‘rode’ aangeduid.

De alchemist ging uit van de aristotelische opvatting dat alle dingen naar hun volmaaktheid streven. Daarom zullen alle metalen proberen hun volmaaktheid te bereiken en wel in het goud. In de natuur is dat een buitengewoon langdurig (groei)proces. De alchemist probeerde dit proces te versnellen en maakte daartoe gebruik van de oeroude voorstelling van de micro- en de macrokosmos: De veranderingen in de microkosmos (de planten- en dierenwereld) worden in de macrokosmos (het heelal) herhaald. Zoals in de microkosmos de wezens sterven, waarbij hun geest ontwijkt, zo ook in de macrokosmos. Men moet de materie ‘doden’ om de oerstof te verkrijgen, dat wil zeggen men moet het onedele metaal terugvoeren in de oertoestand, het zwarte (negrido), waarin alle specifieke metaaleigenschappen zijn vernietigd. De eerste stap in het transmutatieproces was daarom de calcinatie, de oxydatie van de onedele metalen met lucht. Aangezien de meeste metaaloxyden zwart zijn, kon men hiermee de zwarte kleur verwezenlijken. Vervolgens moest men aan de verkregen oertoestand nieuwe eigenschappen toevoegen, projecteren, en wel door ‘verven’ (tingere). Een witte kleur kreeg men door behandeling met kwik of met auripigment (As_2S_3). Koper geeft daarbij een zilverkleurige legering (het filosofische zilver). Na dit witmaken (leucosis) volgde het geelmaken (xanthosis) door inwerking van calciumpolysulfiden, waarbij gele verbindingen werden gevormd. Sporen aanwezig goud brachten de gewenste puperkleur tot stand.

Spoedig gingen ook godsdienstig-wijsgerige gedachten in de alchemie een grote rol spelen. Men wilde de krachten leren kennen die in de stof heersen en daarmee tevens die in de gehele kosmos, dus inzicht krijgen in Gods schepping. Men geloofde in de bezieldheid van de materie. Goud is een gelouterd metaal, ontstaan uit andere metalen door deze te laten rijpen. Het doel van de alchemie was dit louteringsproces te versnellen. Het uitvoeren ervan zou niet alleen het metaal louteren, maar ook de ziel van de alchemist. Zoals lood ‘gezuiverd’ wordt tot goud, zo kan ook de ziel gezuiverd worden.

In de zestiende eeuw gaf de arts Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493/1494-1541), meer bekend onder de naam Paracelsus, de alchemie een nieuw doel, namelijk de bereiding van geneesmiddelen. ‘Nicht als die sagen: alchimia mache gold, mache silber; hie ist das fürnemen mach arcana und richte dieselbigen gegen den krankheiten; da muß er hinaus, ist also der grunt’.[3.] Paracelsus legde zich voornamelijk toe op het bereiden van allerlei geneesmiddelen, met name kwikverbindingen. Zijn navolgers, de iatrochemici, hadden grote belangstelling voor antimoonverbindingen (purgeermiddelen). Het doel van de alchemie bleef dus niet meer beperkt tot de goudmakerij; ook de farmacie en de metallurgie werden er door gestimuleerd. Tal van laboratoriumapparaten werden door alchemisten ontwikkeld (ovens, driepoten, kolven, destillatieapparatuur), alsmede veel laboratoriummethoden (extractie, destillatie, kristallisatie, filtratie, cementatie of het scheiden van goud en zilver, enz.).[4.]

Een prent, ‘Ora et Labora’ (Bid en Werk), die de Nederlandse ornamenttekenaar, architect en schilder Hans Vredeman de Vries (1527-na 1604) voor Henricus Khunraths *Amphitheatrum sapientiae aeternae* (1595) vervaardigde, toont het samengaan van het praktische laboratoriumwerk met de geestelijke inkeer en het



I. Ora et labora. Prent van Hans Vredeman de Vries (ca 1600). Afgebeeld in H. Khunrath, Amphitheatrum sapientiae aeternae *(Hannover, 1609)*.

louteringsproces van de alchemist. (Afb. I) Rechts is het laboratoriumgedeelte afgebeeld, steunend op twee pilaren: ratio (verstand) en experientia (ervaring). Links is het oratorium (bidvertrek). De tafel in het midden vormt de scheiding tussen het praktische en het contemplatieve gedeelte van het 'lab-oratorium' (weegschaal en gewichtendoos; pen, inkt en papier; muziekinstrumenten en muziekboeken). In het hiernavolgende zullen we nagaan hoe het met de beoefening van de alchemie in ons land stond.

Alchemie in Nederland

Ook ons land kende zijn alchemisten. De belangstelling voor alchemie en ook voor magische en occulte bezigheden, vinden we al in Middelnederlandse manuscripten, meestal vertalingen van Latijnse geschriften, soms producten van eigen bodem, waarvan er relatief veel bewaard zijn gebleven, maar waarvan zo goed als niets is uitgegeven of grondig bestudeerd.[5.] Ze bevatten reeksen van (alchemistische) recepten.

De vroegste Nederlandse alchemist die we kennen is Alanus de Insulis of Alain de Lisle (1114-1202), geboren in Rijssel, abt van Clairvaux en bisschop van Auxerne. Alanus schreef een *Dicta de Lapide philosophico* (Van de Steen der Wijzen), waarvan in 1599 in Leiden een gedrukte uitgave werd verzorgd door de uit Aalst afkomstige geneesheer en alchemist Joost van Balbian (1560-1616). Deze had in Padua gestudeerd en zich in 1597 in Gouda gevestigd waar hij lid werd van de gereformeerde kerk. Behalve de *Dicta de Lapide philosophico* gaf Joost van Balbian een bundeltje alchemistische tractaten uit van oudere schrijvers.[6.]

In 1632 verscheen in Rotterdam een vertaling van een in 1624 in het Duits gepubliceerd alchemistisch werk van Basilius Valentinus: *Openbaringhe der verborgener Handtgrepen Frat. Basilij Valentini, gherechtet op dat Universael. Item/ Conclusiones ofte Sluytredenen aller sijner Schriften ende Tractaten van Swavel Vitriol ende Magneet. Beyde der Philosophen als ghemeyne*. Het gaat hierbij om een van die geschriften, die rond de overgang van de zestiende naar de zeventiende eeuw in de handel kwamen en veel opzien baarden. De schrijver was Basilius Valentinus, een in de eerste helft van de veertiende eeuw in Erfurt geleefd hebbende Benediktijner monnik. De werken van Basilius Valentinus werden uitgegeven door een zekere Johann Thoelde, raadsheer en zoutzieder in Frankenhausen. Onderzoek heeft uitgewezen dat Basilius Valentinus nooit heeft bestaan en dat naar alle waarschijnlijkheid Thoelde zelf de schrijver was.[7.]

In ons land komen we iets dergelijks tegen met alchemistische geschriften die op naam staan van Isaac en Jan Isaacsz. Hollandus. De boeken, met titels als *Opera Mineralia, sive de Lapide Philosophico* (Middelburg, 1600), *Opera mineralia et vegetabilia, sive de lapide philosophico* (Arnhem, 1616) en *De lapide seu elixir philosophico* (Frankfort, 1669), duiken tegen het eind van de zestiende eeuw op, maar zouden al uit de veertiende eeuw stammen. De geschriften van de Hollandi bevatten de leer van de drie principia van Paracelsus (alle metalen bestaan uit drie beginselen: zwavel, kwik en zout), behandelen antimoon- en kwikpreparaten als geneesmiddel en gaan uitvoerig in op de transmutatie van lood, kwik en zilver in goud met behulp van de Steen der Wijzen.

Over een persoon of personen met de naam Hollandus is bitter weinig bekend. Soms zijn het vader en zoon, soms oom en neef. Mogelijk zijn ze afkomstig van Stolkwijk bij Gouda. De eerste vermelding van 'Joh. Isaac de filosoof' vinden we in een zestiende-eeuws manuscript: 'Johannes Isaac Hollandus, de lapide philosophorum', in een verzameling van Tsjechische vertalingen uit de jaren 1583-1585.[8.]

In de jaren twintig werd er druk gediscussieerd over de vraag wanneer de Hollandi zouden hebben geleefd. W.P. Jorissen nam aan dat de Hollandi-geschriften uit de vijftiende eeuw dateerden[9.]; anderen, waaronder de bekende Duitse chemie-historicus E.O. von Lippmann, waren het daarmee niet eens. Zij plaatsten de Hol-

landi na Paracelsus omstreeks 1600 en betoogden dat de geschriften die op hun naam staan, voor een groot deel falsificaties zijn in de trant van de Basilius-geschriften.[10.] Ook de Groningse hoogleraar F.M. Jaeger twijfelde aan hun echtheid.[11.] J.D. Moerman kwam bij bestudering van alle op naam van Hollandus staande geschriften tot de conclusie dat er twee verschillende auteurs te onderscheiden zijn, vader en zoon, die in de vijftiende eeuw hebben geleefd.[12.] Alles bij elkaar moeten we aannemen dat we te maken hebben met geschriften die na Paracelsus en vermoedelijk tegen het einde van de zestiende eeuw zijn geschreven. Hoe dan ook, inhoudelijk belangrijk zijn de werken van de Hollandi niet.

Dat men in ons land ook kritisch dacht over de mogelijkheid van het alchemistisch proces, blijkt uit het werk van de Zierikzeese geneesheer Levinus Lemnius (Lieven Lemse, 1505-1568). Deze was sterk geïnteresseerd in scheikunde, vooral in destillaties in verband met de produktie van brandewijn, ‘aqua vitae seu vinum ardens et causticum, vulgo Brandevvin’.[13.] Lemnius was een aanhanger van de middeleeuwse zwavel-kwik-theorie (volgens welke alle metalen uit de twee kwaliteitsdragers mercuur en sulfur bestaan) en nam aan dat uit deze twee beginselen goud, zilver en alle andere metalen ontstaan. Hij verzette zich echter tegen ‘de dampen en het bedrog der alchemisten, die voorgeven, dat ze de soort der dingen kunnen veranderen en zilver en koper zouden doen omzetten in goud’.[14.] Dat dergelijke waarschuwingen niet altijd werden aangenomen, blijkt uit het geval van de Franeker hoogleraar in de mathematische wetenschappen Adriaan Metius (1571-1635). Metius was ‘een voorstander der Alchemie, geloofde aan de transmutatie der metalen, en joeg, in het beoefenen dier ijdele wetenschap, eene goede somme gelds in rook ten schoorsteen uit’.[15.]

De belangstelling voor de alchemie in ons land blijkt uit het grote aantal boeken dat op dat gebied is verschenen. Naast veel herdrukken van vroegere werken en compendia van Arabische en Middeleeuwse auteurs, kwam ook veel nieuws op het gebied van de alchemie uit.[16.] Zo vertaalde Jacob van de Velde, boekverkoper ‘op de hoek van de Korte Niesel’ in Amsterdam elf alchemistische tractaatjes uit het Engels onder de titel: *Eenige Philosophische En Medicinale Tractaatjes. Beschrijvende De Liquor Alchahest, de Mercurius der Philosophen, en andere Curieusheden. Waardig om na gezien te werden. [.....]* (1688). De titelprent stelt een alchemist aan het werk voor, met de veelzeggende spreuk: ‘In Sudore Vultus tui Vescitor Cibo’, ‘In 't Sweet uwes Aanschyns sult ghy broot eeten’. Van de Velde vertaalde ook verschillende boeken van de op Bermuda geboren, in Engeland werkende alchemist George Starkey of George Stirk (overleden 1665), een aanhanger van de leer van de Paracelsist Jan Baptist van Helmont uit Vilvoorde bij Brussel: *Pyrotechnia ofte vuurstookkunde* (1687), *`s Chymie of uytlegging der nature en Helmont verdedigd* (1693) en *Philosooph door het Vuur, Van de bereydinge der Antimonie Transmutatie met het volatile Sout van Tartar. Ende Liquor Alchahest. In sudore Vultus tui Vescitor Cibo* (1695). Starkey's *Het pit der waare chymie* (Leeuwarden, 1687) was een vertaling door F.J. Winter.

Over de praktische beoefening van de alchemie in ons land is betrekkelijk weinig bekend. Hier waren geen vorstenhoven die als centra van alchemiebeoefening fungeerden, zoals die van keizer Rudolf II (1576-1612) te Praag en van hertog Frederik I van Württemberg (1593-1608) te Großsachsenheim of de hoven van de keurvorsten

van Brandenburg in Berlijn, van de hertogen van Brunswijk-Wolfenbüttel en van de keurvorsten van Saksen.[17.] Volgens de Franse chemiehistoricus Ferdinand Hoefer (1811-1878) onderscheidden de Nederlandse chemici zich van de overigen in Europa ‘d'un esprit en général moins spéculatif que des alchimistes allemands’.[18.] Zou dit er een verklaring voor kunnen zijn dat praktische chemici als Glauber en later Becher naar ons land kwamen? Hoe dan ook, de meeste Nederlandse scheikundigen uit de zestiende en zeventiende eeuw waren nog ijverige alchemisten: Theobald van Hogelande (ca 1560-1608), van wie gezegd wordt dat hij door de minder prettige kanten van zijn beroep (giftige dampen, voortdurend nachtwaken, inwerking van zuren en gloeiende metalen en angst dat de proeven mogelijk anders zouden uitvallen dan verwacht) in een ellendige gezondheidstoestand gestorven is; Anselmus de Boodt (1550-1632), jurist en geneeskundige, lijfarts en beschermeling van Rudolf II, van wie het verhaal gaat dat hij in een oud boek het geheime recept èn een korrel van de steen der wijzen had gevonden; Hendrik Goltzius (1558-1617), de beroemde glasschilder en graveur uit Haarlem, over wie Constantijn Huygens (1596-1687) opmerkte dat ‘de waanzin van de alchemie [...] hem niet alleen zijn vermogen, maar ook zijn oog [heeft] gekost’[19.]; Cornelis Drebbel (1572-1633), die in dienst van Rudolf II is geweest, uitvinder was van een perpetuum mobile en een onderzeeboot en die zich ook met alchemie heeft beziggehouden en Pieter Jansz Hooft (1576-1636), neef van P.C. Hooft, die eveneens aan het hof van Rudolf II is geweest en met Jacob de Graef (1571-1638), vrijheer van Zuid-Polsbroek en burgemeester van Amsterdam in de laatste stad een alchemistisch laboratorium had.[20.]

Onder de Nederlandse alchemisten van wie we wat meer weten, behoort de Zeeuwse edelman Theobald van Hogelande, die na zijn studie in Leiden naar Parijs en Italië ging waar hij kennis maakte met de alchemistische literatuur.[21.] In 1583 keerde hij naar ons land terug, waar hij alchemistische proeven deed die hem alleen maar geld kostten en die zijn gezondheid aantastten. Vruchteloos zocht hij naar de bereiding van een ‘alheilmiddel’. Omstreeks 1593 begon hij in te zien dat de alchemistische praktijk niet tot het gewenste doel voerde. Hij twijfelde echter niet aan de waarheid van de alchemistische leerstellingen en probeerde de oplossing langs de weg van de mystieke interpretatie te vinden. Chemische processen stelde hij op één lijn met het fermentatieproces. ‘[G]elijk men ziet hoe de boeren in Holland en Friesland uit leb en melk kaas maken, - zoo maken ook de alchemisten goud en zilver’, schreef hij in zijn *Historiae aliquot Transmutationis metallicae, pro Defensione Alchymiae contra hostium rabiem* (1604). Bij Van Hogelande vinden we talrijke analogieën tussen chemische processen en wordings- en groeiprocessen in de levende natuur. Hij nam de theorie over de samengestelde natuur van alle metalen uit mercuur en sulfur aan en beschouwde het transmutatieproces als een kleuringsproces. De steen der wijzen, die ook uit mercuur en sulfur bestaat, doordringt met zijn kleurend beginsel het onedele metaal net zoals de oplossing van een kleurstof de vezel doordringt.

Wilde Theobald van Hogelande niets van de leer van Paracelsus weten, geheel anders was dat met de Groningse edelman Berend Coenders van Helpen (1601-1678), meer een dilettant dan een ernstig experimentator, die zich vanaf ongeveer 1657 met alchemie bezighield.[22.] Uit het na zijn overlijden in Groningen verschenen boek: *L'Escalier des Sages ou la Philosophie des Anciens, avec des belles figures, par Un Amateur de la Vérité* (1689) komt een sterk mystiek en dogmatisch-religieus mens

naar voren die onder invloed stond van Paracelsus en Agrippa von Nettesheim (1486-1535), een ‘occult’ geleerde en wonderarts, die grote invloed heeft uitgeoefend op generaties alchemisten.

Goossen van Vreeswyk (1626- na 1689)

In 1688 vergezelde de Nederlandse ‘bergmeester’ (mijnbouwkundig ingenieur) Goossen van Vreeswyk (1626- na 1689) Willem III op diens tocht naar Engeland. ‘Syne Hoogheyt ordonneert hier mede Goose van Vreeswijck, Mr, Berghwercker, omme sich te laten employeren ontrent het Mineren, ende in het stuk van het Vuyrwerk, of andere Occasien, waer toe hy bequaem zal werden geoordeelt voor de aenstaende Expeditie. Gedaen in 's-Gravenhage den 6 October 1688. G.H. Prince d'Orange. Ter ordonnantie van Syne Hoogheyt C. Huygens’, lezen we in de aanstelling die Goossen van Vreeswyk liet afdrukken in zijn *De Roos en Lelye der Koningen, Waar in gehandelt wert de Landinge der Armeé in Engelant. De Rijkdommen der Metallen, en de bewerkinge der selver door de Konst des vuyrs, ook de kentekenen der Gesteentes, haere gangen en natuyre, en wat voor Medicyne daer uyt gemaakt kunnen worden, waar van de oude Philosophen hebben gesprooken* (1689). Een mijl buiten Exeter ontdekte hij ‘een Bergh-werck [...] van Loot, seer ryck van metael, soo dat het 100. pont minerael houdt 60. pondt goedt Loot, ende dese 60. pondt Loot is dan noch 2. loot Silver in, soo dat het selve een groot ende ryck werck is, daer in veele duysende mede kan voort gebracht worden alle jaren, want ick het selve hebbe door de konst des vuyrs geprobeert, alsoo ick tot Excester een Smeltoven had opgerecht, in 't huys van den Bisschop van die Stadt, welcke my dat niet mochte weygeren, om dat ick de saecken voor den Koningh in zyne dienst was, om diergelijcke saecken in 't werck te brengen’.[23.] Zes mijl verder zag hij een tinmijn en in Cornwall lood- en tinmijnen, waar ook zilver en goud werd gewonnen.

Goossen van Vreeswyk genoot grote bekendheid als bergmeester en had als zodanig gewerkt voor de Oost- en West-Indische Compagnie en voor een Franse maatschappij die in Canada werkzaam was, om adviezen uit te brengen over de exploitatie van ertsmijnen. Wat we van hem weten, vinden we in de vele boeken die hij heeft geschreven en die schilderachtige titels dragen als *De Roode Leeuw, Of het Sout der Philosophen* (1672), *De Groene Leeuw, Of het Licht der Philosophen* (1674), *De Goude Leeuw, of den Asyn der Wysen* (1675) en *Silvere Rivier, Ofte Konings Fontein* (1684).[24.]

Behalve als bergmeester was Goossen van Vreeswyk ook als alchemist werkzaam. ‘Want ik had in de jaren van 1667 en 68 wel seven Ovens in 't getal binnen de Stad van Nimwegen, en arbeidde daer dach en nacht om myne kolven en glasen in stukken te krijgen’, overigens met het te verwachten resultaat: ‘doch bequam niets dan asch en drek’.[25.] In 1672, toen hij een laboratorium in Amsterdam had, schreef hij dat hij ‘meer dan twintig jaren, dach en nacht, met groote moeiten, door duisenderlei perykelen, gevaerlijkheden, en onkosten, de Animalische, Vegetabilische, en Mineralische lichamen, nevens hare Souten, in Gelderland, Holland, Vrankrijk, West-Indien, en andere Landen, heb ondersocht, en duisenderhande Proeven en Processen gelaboreert, aengaende de Medicynen en het hooge Werk der Philosophen’.[26.]

Goossen van Vreeswyk was een praktisch man en geen wereldvreemd mysticus, zoals duidelijk blijkt uit zijn *Het Cabinet der Mineralen, Metalen, en Berg-eerts* (1670), een handleiding voor het ontginnen van mijnen; hierin staan uitgebreide bijzonderheden zowel over het analyseren van ertsen als het leiden en administreren van een mijnbedrijf. Hij was goed op de hoogte van de scheikundige kennis van zijn tijd, die hij samenvatte in zijn boeken die overigens een verward geheel zijn van technologische gegevens, alchemistische experimenten en filosofische beschouwingen. Veel van zijn experimenten waren daarbij niet van gevaar ontbloot. Zo bracht hij gelijke delen salpeter en zwavel in een kolf 'met synen helm daer op, en een voorligger daer aen' om zo de 'geest' van beide te krijgen. Maar, '[w]anneer dan het glas seer warm was, soo begon die Materie in brand te gaen, en sloeg de Kolf met synen Helm in stukken, soo dat ik my naeuwlijks in myn huis konde bergen, en ick dacht dat my de schoorsteen op het hooft soude vallen, met sulken geweld ging dese Materie in den brand'.[27.] In een later werk beschreef Goossen van Vreeswyk de ontploffing van knalgoud. Door destillatie van een mengsel van wijnsteen, salmiak en urine, dat hij enige tijd had laten rotten, kreeg hij 'een wonderbare geest, die sijn deugden heeft in de Medicijnen' (ammoniak). Hiermee sloeg hij goud neer dat in koningswater was 'gebroken' (opgelost). '[D]it na de Konst gehanteert, so komt het slach-poeder voor den dag, daar vele menschen van spreken'. Hij voegde aan deze beschrijving toe: '[I]n 't Jaar van 1682, had ik mijn selven met dat poeder van gout haast om hals gebracht, door-dien ik niet geloofde (wat de Philosophen daar van schreven) het effect van sijn groote krachten; doch die dit kan maken, sal ook sijn krachten leeren kennen, en wat men daar mede doet in tijd van oorlog'.[28.]

Goossen van Vreeswyk was een overtuigd aanhanger van de leer van Paracelsus. Hij nam een prima materia aan waaruit alles wat bestaat is afgeleid en die de drie beginselen sal, sulphur en mercuur voortbrengt waaruit alle tastbare stoffen zijn opgebouwd. 'De Konst der Philosophen bestaet in drie dingen, als daer zijn, Sout, Swavel en Merkurius; en dese zijn de voornaemste deelen in de Konst: doch ik meen niet den gemeenen Merkurius, noch het gemeene Swavel, en Sout, maer die van de Natuur in eene Moeder door de kracht Godts voortgeteelt zijn'.[29.]

Over Goossen van Vreeswyks alchemistische proeven vinden we nadere bijzonderheden in zijn geschriften. In Nijmegen werkte hij samen met een alchemist Dierik van Kal (of Cal). Deze had hem getoond hoe ijzer eerst in lood en vervolgens in goud veranderde wanneer hij er een rode karbonkelsteen aan had toegevoegd. Tevergeefs probeerde Goossen van Vreeswyk zelf de steen der wijzen te bereiden. Overal zocht hij er naar: in salpeter, gewoon zout, vitriool, steenzout, gecalcineerde wijnsteen, zwavel, koper, salmiak, arsenicum, antimonium, gedestilleerde azijn, kalk, goud, zilver, koper, ijzer, tin, lood, kwik 'en voorts van alle de Mineralen in 't gemeen, die ik ondersocht, en de waerheit daer niet in gevonden heb, op wat wijse ik die ook mogt aengrijpen; gelijk met te distilleren, te calcineren, en te sublimeren, 't welk anders niet is dan tijt en geld te verquisten'.[30.]

Dat het alchemistisch werk bij de buurtgenoten niet altijd in goede aarde viel, blijkt uit wat Goossen van Vreeswyk over Van Kal schreef: 'Door dese werkingen raekte hy in moeite met sijne Buuren, die over hem klaegden, dat hy by nacht hare huisen in den brand soude brengen: en als de Heeren hem sulks wilden verbieden, soo stookte hy noch meerder bij dach en nacht, makende daer en boven sijne deur

en vensters toe, 2 Jaren lank, midden in 't voornaemste van de Stad Nymegen, en die wierden niet eerder geopent, voor dat hy doot was'.[31.]

De vergeefse pogingen van Goossen van Vreeswyk om goud uit onedele metalen en om de steen der wijzen te maken, leidde tot een polemische aanval op de alchemisten in zijn *Vervolg Van de Goude Leeuw, Waer in is ontdekt, De Medecijne der Philosophen* (ca 1686), waarin hij de alchemisten, apothekers en galenisten (de aanhangers van de leer van de Romeinse geneeskundige Galenos van Pergamon, 129-179) het ijdele en zondige van hun pogingen voorhield en net als Paracelsus hen aanraadde zich toe te leggen op het bereiden van geneesmiddelen. 'Indien gy tracht een oprecht Medecijn-meester te wesen, die voor Godt mag bestaen, soo onderneemt de Goddelijke Philosophie van Hermes, die ons leert, uit een eenige materie de medecijne voor menschen en andere saken te maken'.[32.]

Transmutaties

De belangstelling voor de alchemie was algemeen, zoals blijkt uit de vele voorstellingen van alchemistische laboratoria op schilderijen en gravures van bekende kunstenaars uit de zestiende (Pieter Breughel, Jan van der Straat, Pieter van der Borcht) en de zeventiende eeuw (David Teniers de Jonge, Thomas Wijck, Jan Steen).[33.] (Afb. II) Het blijkt ook uit de talrijke transmutatieverhalen die zijn overgeleverd. Zo kennen we uitvoerige verslagen van 'geslaagde' transmutaties uit 1602 en uit 1667, weliswaar



II. Pieter Brueghel, De Alchemist (1558). (Kupferstichkabinett, Berlijn).

niet door Nederlandse alchemisten uitgevoerd, maar wel op Nederlandse bodem verricht.

Op 13 maart 1602 veranderde de Schotse alchemist Alexander Setonius (1574-1604) voor de ogen van de Enkhuizense zeevaarder Jacob Hansen lood in goud. Geruchtmakender nog was hetgeen de Haagse geneesheer Johannes Fredericus Helvetius (1629/1630-1709), Zwitsers lijfarts van de prins van Oranje, die in Harderwijk geneeskunde had gestudeerd, meemaakte en uitvoerig in zijn *Vitulus aureus, quem mundus adorat et orat* (1667) heeft beschreven.[34.]

Helvetius' echtgenote, Johanna Pels, dweepte met de alchemistische kunst. Helvetius zelf twijfelde eraan na de vele mislukte experimenten die hij had uitgevoerd, tot op 27 december 1666 een vreemdeling uit Noord-Holland hem bezocht die hem een ivoren doos toonde met drie zware stukken van de steen der wijzen, elk zo groot als een okkernoot. Helvetius houdt ze een kwartier in de hand en geeft ze dan terug. Hij bedankt dat hij ze heeft mogen zien en zou graag een korreltje zo groot als een korianderzaadje ervan hebben. De vreemdeling weigert, maar verzoekt in een kamer te worden gelaten die geen vensters aan de straatzijde heeft. Daar ontbloot hij zijn borst en toont vijf stukken door de kunst gemaakt goud, ieder zo groot als een tafelbord. Hij belooft na drie weken terug te komen, wat hij ook deed. Na veel smeken krijgt Helvetius dan een stukje van de steen der wijzen ter grootte van een raapzaadje. Hij is teleurgesteld, waarop de vreemdeling het terugneemt en er nog een stukje van afbreekt dat hij aan Helvetius geeft. Deze bekent nu drie weken te voren met zijn nagel een fragmentje van de steen te hebben afgekrabt, op gesmolten lood te hebben geworpen waarbij de massa in de lucht werd geworpen. De vreemdeling antwoordt dat de steen in was gehuld en dan op lood moet worden gelegd. Hij zal de volgende ochtend een demonstratie komen geven, maar laat dan weten dat hij verhinderd is en na de middag zal komen. Om half acht is hij er nog niet. Op aanraden van zijn vrouw doet Helvetius de proef zelf met zes drachmen (23,5 gram) lood dat na vijftien minuten geheel is omgezet in goud. Een goudsmid toetst het en Den Haag loopt uit om het wonder te aanschouwen. Porelius, examinator-generaal van de Hollandse munt, onderzocht het goud samen met de goudsmit Brechtelt. De filosoof Benediktus de Spinoza (1632-1677) beschouwde het geval zeker niet als onmogelijk. Op 25 maart 1667 schrijft hij uit Voorburg aan zijn vriend, de doopsgezinde Amsterdamse kruidenier Jarig[h] Jelles dat hij over Helvetius met Isaäc Vossius heeft gesproken die er hartelijk om had gelachen. Spinoza ging naar Brechtelt die het goud had gekeurd en die hem vertelde wat er was gebeurd. Spinoza bezocht toen Helvetius ‘die mij het goud en de smeltkroes, van binnen nog verguld, liet zien en mij vertelde dat hij nauwelijks een vierde part van een gerstekorrel of van een mosterdzaadje in het gesmolten lood had geworpen’.[35.]

Goossen van Vreeswyk vermeldde dat hij op 17 juni 1670 ten huize van Helvetius in Den Haag was ‘die my het goud toonde dat in sijn huis was getingeert van lood, door een seer kleine quantiteit van tinctuur na hy my seide, ontrent de grootte van een half koorn-graen, of noch wat minder, waer door twee loot lood, tot goud is gemaekt’. De alchemist was ‘een Boer uit Waterland [...] als een Mennist gekleed’.[36.] Skeptischer was Christiaan Huygens, die op 11 februari 1667 uit Parijs aan zijn broer Lodewijk schreef: ‘Je vous remercie de l'histoire de la pierre philosophale sans pourtant y adjouter une foy entiere, par ce que je cognois ce petit docteur et scay qu'il n'est pas autheur fort authentique’.[37.]

Intrigerend is de vraag wat nu eigenlijk die steen der wijzen was. De Delftse hoogleraar in de analytische scheikunde Cornelis Johannes van Nieuwenburg (1889-1985) heeft langs experimentele weg geprobeerd iets te weten te komen over de samenstelling van de steen.[38.] Uit beschrijvingen van met name de kleuren die vermeld worden bij het kleine werk (het maken van een wit poeder dat onedele metalen in zilver kan omzetten) en het grote werk (het omzetten van het witte poeder in het rode voor de transmutatie in goud) concludeerde hij dat we zoeken moeten ‘onder de stoffen, die door langdurige verhitting, veelal in een gesloten glazen vat, kunnen ontstaan uit de produkten, die worden gevormd als we kwik, zilver en goud oplossen in sterke zuren’. Het witte poeder kan kwik(I)nitraat zijn geweest en het rode kwik(II)oxyde. Latere alchemistische beschrijvingen kunnen wijzen op $AgAuCl_4$ verontreinigd met wat goud(I)chloride en misschien wat kwik(II)oxyde en zilverchloride.

Het project van Johann Joachim Becher (1635-1683) om goud uit zand te winnen

Een interessant voorbeeld van het maken van goud uit zand dateert eveneens uit de tweede helft van de zeventiende eeuw. Het gaat om de Duitse scheikundige Johann Joachim Becher (1635-1683).[39.] Becher was in de eerste plaats een van de voornaamste drijvende krachten van het staatkundig mercantilisme uit de zeventiende eeuw. Met dikwijls fantastische en ogenschijnlijk wilde projecten probeerde hij de economische en industriële achteruitgang van de Midden-Europese staten na de Dertigjarige Oorlog te herstellen. Steeds nam hij daartoe de Republiek van de Verenigde Nederlanden als lichtend voorbeeld. Dat bracht hem in nauwe aanraking met de Republiek, waar hij met kooplieden overlegde over de vestiging van handelscompagnieën, kolonisatieplannen besprak en de handelsbetrekkingen tussen Holland en Oostenrijk aan de orde stelde. In opdracht van verschillende Duitse vorsten bezocht hij de Nederlanden in 1660, 1664, 1669 en 1671. Persoonlijke moeilijkheden noodzaakten hem eind 1676 Wenen te verlaten. Hij vertrok naar de Nederlanden, waar hij drie jaar zou wonen en werken.

In ons land ging Becher verder met het bedenken en uitvinden van technische en economische projecten, die door onderhandelingen met de autoriteiten een min of meer officieel karakter kregen. Een van die projecten was de oprichting van een ‘eeuwigdurend mijn-werck’ waarin uit het zand van de duinen door middel van bepaalde chemische bewerkingen een zo grote hoeveelheid goud zou zijn af te scheiden dat de Staten van Holland en West-Friesland er jaarlijks een aanzienlijke winst van zouden maken.

Over de onderhandelingen worden we ingelicht door de resoluties van de Staten van Holland en West-Friesland, alsmede door Bechers eigen verslagen. In 1679 verscheen in Amsterdam een pamflet: *Trifolium Becherianum Hollandicum of Haer Rooms Keyserlijcke Majesteyts Kamer en Commercien Raeds Dr. Johan Joachim Bechers Drie nieuwe Inventiën. Eerst in Holland geproponeert en gepractiseert. Met grondige aenwijsinge hoedanig het met deselvige saecken gelegen is*. Voorts gaf Becher verslag van zijn activiteiten in de Nederlanden in het derde supplement van zijn boek *Physica Subterranea* (1680).

Bechers project dateerde al uit 1673. Hij had er toen over gesproken met prins Herman van Baden, die hem aangeraden had contact op te nemen met de Staten van Holland en West-Friesland of met de Staten Generaal. Becher had op 30 juli 1673 een brief geschreven aan de keizerlijke gezant van Oostenrijk in Den Haag, François Paul, baron de Lisola. Deze had zich op zijn beurt gewend tot de raadpensionaris van Holland, Caspar Fagel. Fagel bracht het voorstel van Becher op 22 September 1673 ter sprake in de vergadering van de Staten van Holland en West-Friesland. In zijn brief had Becher, ‘Dr. Conseiller de sa Majesté Impériale dans son Conseil de Commerce’ uiteengezet ‘comme les revenus de la Province d'Hollande et de Westvrise puissent être rehaussés d'un million de Rixdalers par an’. Becher wilde dit bereiken zonder geldleningen of invoering of verhoging van belastingen op boter en bier. Hij wilde een staatsbedrijf oprichten, waarin hijzelf werkzaam zou zijn als geprivilegieerd winstdelend staatsambtenaar. Eerst eiste hij 1½ % van het rendement van de onderneming, maar in een brief van 22 september 1673 verminderde hij dat tot 1 % per jaar. Er kwam echter niets van het project terecht vanwege de oorlog met Frankrijk (1672-1678).

Becher gaf zijn plannen echter niet op. In september 1676 deed hij in Wenen proeven om goud uit het zand van de Donau af te scheiden, echter zonder succes. Begin 1677 vestigde Becher zich in Amsterdam en spoedig daarna in Haarlem waar hij een zijderederij wilde oprichten waarin een speciale ‘inventie’ van hem zou worden toegepast. In december 1678 werd hem octrooi verleend voor een ‘Inventie van een eeuwigdurend bergwerck’. Het octrooi betrof echter niet het ‘bergwerck’, maar een bovenslachtig waterrad dat erbij gebruikt zou worden. Het door dat rad verbruikte water zou door een uitwendige, door Becher geheim gehouden kracht worden opgeheven om opnieuw te worden gebruikt.

Becher staakte intussen zijn pogingen voor het oprichten van een ‘metaal- of bergh-werck’ niet. Als grondstof zou eerst turfaarde, later ‘Zee- ofte Duyn-Sandt’ moeten dienen. Becher beweerde uit het eerste kobalt, uit het laatste goud en zilver te kunnen winnen. Als het zand gebruikt was en weer aan de zon zou worden blootgesteld, zou er opnieuw goud uit te winnen zijn. Becher onderzocht talrijke zandmonsters en vond zowel in roodgekleurd zand uit de nabijheid van Arnhem als in zand aan de kust bij Scheveningen goud.

In 1678 bracht de raadpensionaris van Haarlem Michiel ten Hove, een oude kennis van Becher, diens voorstel in de herinnering van Fagel. In de vergadering van de Staten van Holland en West-Friesland van 12 maart 1678 kreeg Ten Hove toestemming de onderhandelingen met Becher over ‘een Middel, waar door `sLands inkomsten, boven de ordinaris en extraordinaris Middelen van den Lande, en sonder verhinderinge van de cours en ophef van dien, souden konnen werden verbeetert met een millioen Ryksdaalders jaarlyks’, te heropenen. Op 25 maart 1678 deelde Ten Hove mee dat hij Becher had gesproken. Deze wilde 10% van de jaarlijkse winst of anders de gehele winst van één jaar en vervolgens 2% van de jaarlijkse winst. Op de vergadering van 8 april werd Becher een bedrag van 50000 rijksdaalders aangeboden en voorts 2% van de winst per jaar. Op 27 april werd de betreffende akte opgesteld. Op 5 mei 1678 rapporteerde de burgemeester van Den Haag Nicolaas Muys van Holy aan de Staten dat het middel van Becher bestond ‘in het opregten van een eeuwigduurend Bergwerk, omme door middel van dien, alle Zee- en Duynsant in sig selven

mineraal zynde, door andere mineralische Specien te doen tydig en ryp werden, te smelten en te scheiden'. Hoewel de Staten skeptisch stonden tegenover de plannen van Becher om uit zee- en duinzand goud te winnen, stelden ze nu 3000 gulden ter beschikking voor het doen van een proef die door twee commissarissen uit hun midden zou worden bijgewoond. Een van hen was de oud-burgemeester van Amsterdam Johannes Hudde, een bekend wiskundige; de ander Michiel ten Hove. Op 14 februari 1679 werd de proef uitgevoerd door Becher en de Amsterdamse essayeur Laurens Keerwolf in de Kalverstraat. Op 22 maart werd de proef herhaald, nu in het bijzijn van de twee commissarissen. Op 30 maart deed Ten Hove verslag van de proeven aan de Staten. Becher deed de proef 'in soodanigen proportie, dat deselve een dertigstedeel soude uitmaaken van het dertigstedeel van een millioen Ryksdaalders, by syne Propositie voorgeschlaagen jaarlyks te profiteeren, en sulks dat daar toe met honderd elf en een half marken Silvers souden moeten gearbeid worden'.

Becher smolt gewoon zand na toevoeging van bepaalde stoffen tot een glasmassa in door blaasbalgen aangeblazen ovens. Daarna hield hij de fijn verdeelde massa, met metallisch zilver gemengd, lange tijd in gesmolten toestand. Het zilver vormde met het goud een alliage. Na de afscheiding van het goud kon het zilver opnieuw voor het proces gebruikt worden. Voor zijn proef gebruikte Becher 10 mark zilver. Met 1 mark zilver (ca 246 gram) verkreeg hij 6 aas (0,3 gram) goud. Verhitte hij de uit zand verkregen glasmassa zonder zilver, dan kreeg hij slechts 0,5 aas goud en als hij dan de aldus verkregen massa met zilver behandelde, leverde dat nog een 5 aas goud op. Buiten medeweten van Becher werd er ook een proef 'in secretie, by maniere van een contra proeve' uitgevoerd door de Haagse essayeur Braunstein met hetzelfde positieve resultaat. De Staten gaven toe dat de proeven waren gelukt en dat voor het verkrijgen van 6 aas goud er 5 nodig waren voor de gemaakte kosten. Er bleef dus 1 aas goud per mark zilver over als zuivere winst. Ze gaven nu toestemming een proef met 111½ mark zilver uit te voeren. Toch bleven de heren skeptisch en wantrouwig. De onderhandelingen werden op de lange baan geschoven en tenslotte afgebroken. Becher vertrok eind 1679 teleurgesteld naar Engeland, waar hij twee jaar later overleed.

Becher dacht dat hij het goud door transmutatie uit het zand had gewonnen. Het is duidelijk dat het afkomstig was uit het gebruikte muntzilver en misschien een beetje uit het in zand aanwezige goud. Becher kreeg overigens zo weinig goud dat hij terecht kon zeggen dat er geen zilver bij het proces verdween en dat er evenveel zilver na de proef was als bij het begin. Zijn conclusie was natuurlijk onjuist. Het goud ontstaat niet bij het proces, maar is al van te voren aanwezig in de gebruikte materialen. Becher was echter geen bedrieger, maar geloofde werkelijk in de mogelijkheid van deze transmutatie. Hij was ervan overtuigd dat metalen in gesteenten door bijzondere generatieve krachten zouden ontstaan. Omdat al het natuurlijke streeft naar een meer volmaakte vorm, zal het einddoel in de natuur altijd het meest edele metaal, het goud zijn. Onedele metalen moeten we dan ook beschouwen als te zijn ontstaan door een storing in het natuurlijke groeiproces van de metalen.

DE BEKEERDE

ALCHIMIST,

ÓF

BEDROOGEN BEDRIEGER,

KLUCHTSPÉL.



NIL.VOLENTIBUS.ARDUUM.

te AMSTERDAM,

By ALBERT MAGNUS, Boekverkooper op
de Nieuwendijk, in den Atlas, 1680.

Mét Privilégie.

III. Titelblad van de eerste uitgave van het toneelstuk van David Lingelbach, De Bekeerde Alchimist *(1680)*.

Epiloog

Bechers pogingen goud uit zand te winnen, waren algemeen bekend. Op 8 September 1679 informeerde Leibniz ernaar bij Christiaan Huygens. De experimenten vonden zelfs hun neerslag in een toneelstuk van het Amsterdamse kunstgenootschap Nil Volentibus Arduum uit 1680. Het onbeduidende stuk, *De Bekeerde Alchimist*, is van de hand van de chirurgijn David Lingelbach. (Afb. III) Het kluchtspel is naar alle waarschijnlijkheid nooit opgevoerd, hoewel het in 1714 opnieuw werd uitgegeven. In het toneelstuk wordt de draak gestoken met de goudzoekers.[40.] In de opdracht schrijft Lingelbach dat het 'eene berisping en hekeling behelst van ééne der uitspoorigste gebreken, die er in de burgelyke ommegang in zwang gaan, dat is, de dulle drift tot de gevaarlyke kunst van goud maaken'. De auteur refereert steeds naar allerlei alchemistische zaken, onder andere naar de toen recent verschenen werken van Goossen van Vreeswyk. In het vijfde toneel vertelt een van de hoofdpersonen dat hij goud kan maken uit zeezand. 'Ik maak met winst van duinzand goud'. Duidelijk wordt hier verwezen naar de gebeurtenissen rond Becher, welke de Amsterdammers algemeen bekend moeten zijn geweest. Overigens had reeds een halve eeuw eerder Constantijn Huygens zich in zijn op 18 September 1623 geschreven gedicht *Een alchymist* deze beschreven als een door goudlust verblinde man die in zijn waanwijsheid geld en gezondheid verspilt voor een doel dat hij toch niet zal bereiken.[41.]

Nog in 1747 verscheen er bij Mattheus Gaillard, boekverkoper in den Haag, een tweedelig anoniem werk: *Het Paradys der Chymisten; waar in de chemia der Ouden, naar de wyze der filosofen, word uitgelegd*, waarin in de vorm van een samenspraak tussen alchemisten en geleerden met wijsgerige en godsdienstige bespiegelingen de alchemistische praktijken worden uiteengezet.

Eindnoten:

1. E. Wiersum, 'Alchemie te Middelburg in 1604', *Archief. Vroegere en latere mededeelingen voornamelijk in betrekking tot Zeeland uitgegeven door het Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen*. 1918, pp. 119-120
2. R. Hooykaas, 'Chemie en alchemie', *Chemisch Weekblad* 32(1935)250-255; 'Het ontstaan der zwavelkwiktheorie', *idem* 32(1935)422-426, en 'De Steen der Wijzen', *Folia Pharmaceutica* 45(1958)176-185
3. Paracelsus, *Das Buch Paragranum*. In: Theophrastus Paracelsus, *Sämtliche Werke*. Herausgegeben von Karl Sudhoff (München, Berlijn, 1922-1933), I-8, p. 185. Vgl.: R. Hooykaas, 'Paracelsus' beteekenis voor de chemie', *Chemisch Weekblad* 38(1941)517-528
4. H.J. Backer, *Oude chemische werktuigen en laboratoria van Zosimos tot Boerhaave* (Groningen, Den Haag, 1918); R. Hooykaas, 'De geschiedenis van uitvindingen en ontdekkingen: Scheikunde'. In: *Eerste Nederlandsche Systematisch Ingerichte Encyclopaedie (ENSIE)* (Amsterdam, 1950), deel IX, pp. 528-543
5. R. Jansen-Sieben, 'Middelnederlandse Vakliteratuur'. In: *Fachprosaforschung*. Herausgegeben von Gundolf Keil und Peter Assion (Berlijn, 1974), pp. 24-69 (36-38, 67); W.L. Braekman en A. Devolder, 'Het "Boec van .xij. goeden wateren". Een alchemistisch traktaatje uit de veertiende eeuw', *Scientiarum Historia* 11(1969)65-81
6. Justus à Balbian, *Tractatus Septem de Lapide Philosophico*. In: *Theatrum Chemicum* (Straatsburg, 1659), deel III, pp. 649-698. Alanus' *Dicta de Lapide philosophico* is in *idem*, pp. 721-743
7. C. Priesner, Johann Thoelde und die Schriften des Basilius Valentinus. In: *Die Alchemie in der europäischen Kultur- und Wissenschaftsgeschichte*. Herausgegeben von Christoph Meinel (Wiesbaden, 1986), pp. 107-118

8. P.C. Boeren, *Codices Vossiani Chymici* (Leiden, 1975), pp. 7-13 (MS Voss. Chym. no 3)
9. J.W.P. Jorissen, 'Isaac de Hollander en Jan Isaacsz. de Hollander', *Chemisch Weekblad* 14(1917)304-310 en 897-903 en 15(1918)1343-1351; 'Isaac der Holländer und Jan Isaacsz. der Holländer', *Chemiker-Zeitung* 43(1919)105-106. Zie ook: H. Schelenz, 'Wann lebten die Alchemisten Johann Isaak und Isaak Hollandus?', *Zeitschrift für angewandte Chemie* 30(1917)195-196 en *Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften* 17(1918)100. Vergelijk: K. Sudhoff, 'Bibliographie Isaaks und Johann Isaaks, der 'Holländer', *Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften* 27(1934)45-50. M. Wagenaar schreef een roman: *Isaac Hollandus. De Alchimist van Stolkwijk* (Zeist, ca. 1937-1938)
10. E.O. von Lippmann, 'Über das Zeitalter der Alchemisten J.I. und I. Hollandus', *Chemiker-Zeitung* 40(1916)605 [= *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* (Berlijn, 1923), pp. 228-229], 'Über die unter dem Namen der "Hollandi" bekannten Alchemisten', *idem* 43(1919)265-267, 286-288 en 301-303 [= *Beiträge*, pp. 229-250] en 'Zur Kenntnis der "Hollandi" genannten Alchemisten', *idem* 57(1933)233 [= *Beiträge*, deel II, Weinheim, 1953, pp. 180-182]; H.J. Holgen, 'Ueber das Zeitalter der beiden Alchemisten J.I. und Isaac Hollandus', *Chemiker-Zeitung* 41(1917)643-644 en *Chemisch Weekblad* 10(1913)30. Zie ook: P. Diergart, 'Die "Hollandus"-Schriften, eine Fälschung in der 2. Hälfte des 16. Jahrhunderts', *Chemiker-Zeitung* 43(1919)201 en O. Zachar, 'Die Bedeutung der Hollaender in der aeltesten Geschichte der Chemie', *Chemisch Weekblad* 10(1913)30-51 en *Janus* 17(1912)535-556
11. F.M. Jaeger, *Elementen en atomen eens en thans* (Groningen, Den Haag, 1920), pp. 122-123 voetnoot
12. J.D. Moerman, 'Uit alchemistische geschriften. Isaac en Johan Isaac Hollandus', *Chemisch Weekblad* 29(1932)702-709
13. L. Lemnius, *De miraculis occultis naturae* (Antwerpen, 1574). Herdruk Frankfurt, 1604, p. 222. Zie: C.M. van Hoorn, *Levinus Lemnius 1505-1568. Zestiende-eeuws Zeeuws geneesheer* (Kloosterzande, 1978), pp. 118-120
14. L. Lemnius, *Paraenesis sive Exhortatio ad vitam optime instituendem* (Antwerpen, 1574), cap. 20
15. G. Moll, 'Geschiedkundig onderzoek naar de eerste uitvinders der verrekijkers, uit de aanteekeningen van wijle den Hoogleeraar van Swinden zamengesteld', *Nieuwe Verhandelingen der eerste klasse van het Koninklijk Nederlandsch Instituut van wetenschappen, letterkunde en schoone kunsten*, 3(1831)103-209. Citaat, p. 125
16. Behalve alchemistische werken komen we ook geschriften van de rozekruisers tegen. Zie: L.A. Langeveld, *Alchemisten en Rozekruisers* (Epe, 1926)
17. R. Federmann, *Die königliche Kunst. Eine Geschichte der Alchemie* (Wenen, Berlijn, Stuttgart, 1964), pp. 248-306; R.J.W. Evans, *Rudolf II and his world. A study in intellectual history 1576-1612* (Oxford, 1973)
18. F. Hoefer, *Histoire de la chimie* (Parijs, 1869[2]), deel II, p. 129
19. C. Huygens, *Mijn jeugd*. Vertaling en toelichting: C.L. Heesakkers (Amsterdam, 1987), p. 78
20. W. Ploeg, *Constantijn Huygens en de natuurwetenschappen*. Dissertatie Leiden (Rotterdam, 1934), pp. 79-81
21. F.M. Jaeger, 'Theobald van Hogelande (circa 1560-1608)', *Chemisch Weekblad* 15(1918)1216-1258 en in *Historische Studiën. Bijdragen tot de kennis van de geschiedenis der natuurwetenschappen in de Nederlanden gedurende de 16e en 17e eeuw* (Groningen, Den Haag, 1919), pp. 1-50: 'Nog eens: Theobald van Hogelande', *Chemisch Weekblad* 16(1919)179-180
22. F.M. Jaeger, 'Berend Coenders van Helpen, een Groningsche Alchemist der 17e Eeuw', *Chemisch Weekblad* 15(1918)285-302 en *Historische Studiën*, pp. 150-170
23. Goossen van Vreeswyk, *De Roos en Lelye der Koningen* ('s-Gravenhage, 1689), p. 7
24. G. Doyer van Cleeff, 'De leer der alchymisten', *Album der Natuur* 1887, pp. 365-381 en 411-434; W.P. Jorissen, 'Goossen van Vreeswyck, een mijn-ingenieur en chemicus vóór 250 jaren', *Chemisch Weekblad* 11(1914)1075-1086, 'Nog eens Goossen van Vreeswyck', *idem* 12(1915)28-30 en 'Een chemicus in het gevolg van Willem III bij diens landing in de Torbay in 1688', *idem* 47(1951)836-837; C.E.P.M. Raedts, 'Goossen van Vreeswijk, een Nederlandse "Bergmeester" van grote betekenis', *Studies over de sociaal-economische geschiedenis van Limburg* 7(1962)41-89. F.A.H. Peeters bezorgde een heruitgave van: *Alle de Werken van Goossen van Vreeswyck een 17-de-eeuwse Bergmeester en Alchymist* (Tilburg, 1982)
25. Goossen van Vreeswyk, *De Goude Leeuw, of den Asijn der Wysen* (Amsterdam, 1675). Voor-reden tot den leser.
26. Goossen van Vreeswyk, *De Roode Leeuw, Of het Sout der Philosophen* (Amsterdam, 1672). Opdracht.
27. Goossen van Vreeswyk, *De Roode Leeuw*, pp. 207-208
28. Goossen van Vreeswyk, *Silvere Rivier, ofte Konings Fontein* ('s-Gravenhage, 1684), p. 125
29. Goossen van Vreeswyk, *De Roode Leeuw, Of het Sout der Philosophen* (Amsterdam, 1672), p. 136

30. Goossen van Vreeswyk, *De Goude Leeuw, of den Asijn der Wysen* (Amsterdam, 1675). Voor-reden.
31. Goossen van Vreeswyk, *De Groene Leeuw, Of het Licht der Philosophen* (Amsterdam, 1674), p. 149
32. Goossen van Vreeswyk, *Vervolg Van de Goude Leeuw, Waer in is ontdekt, De Medecijne der Philosophen* (Middelburg, z.j.). Voor-reden.
33. A.A.A.M. Brinkman, *Chemie in de Kunst* (Amsterdam, 1975) en *De alchemist in de prentkunst* (Amsterdam, 1982)
34. R. Krul, 'Haagse en Amisfoortse krukkendans. Bijdrage tot het leven van Johann Friedrich Schweitzer (Helvetius)', *Haagsch Jaarboekje voor 1893*, pp. 4-32; A.J. Servaas van Rooyen, 'Een geheimzinnig goudmaker', *Album der Natuur* 1900, pp. 17-23
35. Spinoza, *Briefwisseling*. Vertaald uit het latijn en uitgegeven naar de bronnen alsmede van een inleiding en van verklarende en tekstkritische aantekeningen voorzien door F. Akkerman, H.G. Hubbeling, A.G. Westerbrink (Amsterdam, 1977), p. 260
36. Goossen van Vreeswyk, *De Goude Leeuw, of den Asijn der Wysen* (Amsterdam, 1675), pp. 5-6
37. C. Huygens, *Oeuvres complètes* (Den Haag, 1888-1950), deel 6, p. 107-108
38. C.J. van Nieuwenburg, 'Waaruit bestond eigenlijk de Steen der Wijzen?', *Chemisch Weekblad* 55(1959)704-707
39. F.M. Jaeger, 'Over Johann Joachim Becher en zijne relaties met de Nederlanden', *Economisch-historisch Jaarboek* 5(1919)60-135; H. Hassinger, *Johann Joachim Becher 1635-1682. Ein Beitrag zur Geschichte des Merkantilismus* (Wenen, 1951)
40. H.A.M. Snelders, 'De bekeerde alchimist', *Spiegel Historiael* 7(1972)85-91 en 'Chemie en literatuur, "De Bekeerde Alchimist"(1680): Alchemie in een Nederlands toneelstuk'. In: *Hoofdstukken uit de geschiedenis van de scheikunde* (Amsterdam, 1979), pp. 7-10
41. P.J.N.M. Coebergh, 'Constantijn Huygens en de alchemie', *Chemie en Techniek* 32(1977)44-49

III. Scheikunde in de zeventiende eeuw: iatrocnemie en chemische technologie

Inleiding

De alchemisten uit de zeventiende eeuw waren niet alleen metallurgen die zich bezighielden met de transmutatie van metalen en het zoeken naar de Steen der Wijzen die dit proces mogelijk moest maken en die tevens ziekten zou kunnen genezen en het leven verlengen. Naast deze praktische alchemie, die met metalen en allerlei chemische stoffen in laboratoria werkte, was er ook een esotherische alchemie die zich vooral met geestelijke, mystieke en religieuze zaken bezighield.

Alhoewel de alchemistische experimenten niet tot het gewenste resultaat voerden - al beweerden tal van alchemisten dat het hun gelukt was metalen te transmuteren - werd er wel veel chemische en metallurgische kennis mee verworven. Bovendien ontwikkelden en verbeterden de alchemisten veel chemische laboratoriumapparatuur. In de overgangsperiode van alchemie naar moderne scheikunde speelde Paracelsus een belangrijke rol. Hij hervormde zowel de scheikunde als de geneeskunde. Voor hem was het doel van de alchemie niet het maken van goud en zilver, maar het bereiden van geneesmiddelen. Daarnaast lukte het de alchemisten bij het zoeken naar de Steen der Wijzen andere belangrijke ontdekkingen te doen. Zo verkreeg de Hamburgse alchemist Hennig Brand in 1669 bij de destillatie van ingedampte urine het fosfor ('lichtdrager') en herontdekte Johann Friedrich Böttger in Meissen als gevangene van August de Sterke in 1708 het porselein.

Geleidelijk ontstond de chemie als onafhankelijke wetenschap. In de zeventiende eeuw werd ze beoefend in relatie tot alchemie, mineralogie, metallurgie, farmacie en geneeskunde. Hoewel veel wetenschappers uit die tijd zich bezig hielden met chemische onderwerpen, ontstond pas in de tweede helft van de achttiende eeuw de 'moderne' scheikunde.

In het begin van de zeventiende eeuw ontstond er een opleving van het wijsgerig atomisme van de Griekse wijsgeer Demokritos van Abdera (c 460 - c 370 v.C.), terwijl daarnaast de Franse filosoof René Descartes (1596-1650) in ons land, waar hij twintig jaar woonde, zijn deeltjestheorie publiceerde. In zijn *Principia philosophiae* (1644) vinden we Descartes' kosmologisch systeem. Hij wilde alle veranderingen die in de natuur plaats vinden terugbrengen tot bewegingen van drie soorten ruimtedelen. Er zijn bolvormige deeltjes van de zogenaamde tweede materie (hemelmaterie), die grote wervels vormen. Deze wervels drijven door hun centrifugale tendens de uiterst fijne deeltjes van de subtiele of eerste materie naar het midden waar ze bolvormige opeenhopingen laten ontstaan. Deze vormen de zon en de vaste sterren. De grovere deeltjes van de zogenaamde derde of zichtbare materie vormen de aarde

en de overige planeten. Alle tussenruimte is opgevuld met subtiele materie, zodat de gehele wereldruimte met materie is gevuld. Door beweging, druk en botsing van de deeltjes kon Descartes uiteraard alle verschijnselen in de natuur verklaren, omdat voor ieder nieuw verschijnsel andere gevormde deeltjes zijn te postuleren.

Onder de belangrijkste vertegenwoordigers van het opkomend atomistisch wereldbeeld (de geneeskundigen Daniel Sennert, 1572-1637 en Sebastiaan Basso, eerste helft van de zeventiende eeuw, en vooral de wijsgeer Pierre Gassend, 1592-1665) bevindt zich de Utrechter David van Goorle (1591-1612), van wie postuum in 1620 te Leiden de *Exercitationes Philosophicae, quibus universa fere discutitur Philosophia Theoretica, et plurima ac praecipua Peripateticorum dogmata evertuntur* verscheen. In 1651 werd te Utrecht uitgegeven de *Idea Physicae*, die evenals het voorgaande werk omstreeks 1610 is geschreven (Gorlaeus was toen student in Leiden en net twintig jaar oud) en een verkorte weergave is van de *Exercitationes*.[1.]

Gorlaeus nam alleen water en aarde als elementen aan en was een uitgesproken atomist. Met Isaac Beeckman (1588-1637), rector van de Latijnse School in Dordrecht[2.], behoorde Van Goorle tot de eersten die zich bij natuurkundige verklaringen geheel baseerde op de atoomleer. Beiden ontkenden de transmutatie van water in lucht en interpreteerden de overgang van water in damp als een fijne verdeling.

In de scheikunde werd de atoomleer o.a. toegepast door de Italiaanse arts Angelo Sala (1576-1637), die in 1602 als aanhanger van de Reformatie door de Inquisitie bedreigd uit Italië vluchtte en als geneeskundige in verschillende plaatsen buiten zijn vaderland werkzaam was. Van 1612-1617 was hij in Den Haag. In 1617 verscheen in Leiden zijn *Anatomia vitrioli* (1608), met als toevoeging de *Brevis demonstratio, quid sit vitriolum [...]*, waarin hij door verhitting bewees dat kopervitriool ($CuSO_4.5H_2O$) uit koperas (CuO), zuurgeest (SO_3) en water bestaat. De gewichtshoeveelheid water in het kopersulfaat bepaalde hij op 1/3. Vervolgens wist Sala uit de bestanddelen opnieuw kopersulfaat samen te stellen en bewees daarmee de identiteit van kunstmatige en natuurlijke vitriool.[3.]

De bekendste chemicus en fysicus uit die tijd was Robert Boyle (1627-1691), die wel de ‘Father of modern chemistry’ wordt genoemd. Boyle was een van de belangrijkste geleerden uit de zeventiende eeuw. Hij hield zich met alle gebieden van wetenschap bezig, niet alleen met natuur- en scheikunde, maar ook met sociale en religieuze thema's. In 1660 verscheen zijn boek: *New Experiments Physico-Mechanicall touching the spring and weight of the Air, and its effects*, waarin hij de recent ontdekte luchtpomp van Otto von Guericke, burgemeester van Maagdenburg, verbeterde en toepaste om de chemische en fysische verschijnselen in lege ruimten te onderzoeken. Boyle werkte geheel in de geest van Francis Bacon (1561-1626) die in het begin van de zeventiende eeuw een pleidooi voerde voor waarneming en experiment als grondslagen van een nieuwe natuurwetenschap (*Advancement of Learning*, 1605; *Novum Organum*, 1620). Boyle wilde nagaan hoe verschijnselen als verbranden, koken, voortplanting van het geluid en de inwerking van zuren op metalen veranderen als men de druk van de lucht vermindert. Dit leidde o.a. tot de naar hem genoemde gaswet: het produkt van druk en volume van een gas is bij constante temperatuur constant. Voor de scheikunde is vooral zijn boek *The Sceptical Chymist* uit 1661 van belang. Van dit boek verscheen een Latijnse uitgave, *Chymista scepticus vel dubia*

et paradoxa chymico-physica circa spagyricorum Principia in 1662 bij de uitgever Arnoldus Leers in Rotterdam. (Afb. IV).

In *The Sceptical Chymist* bespreekt Boyle de grondproblemen van de scheikunde. Hij doet dat in dialoogvorm tussen twee oude vrienden: Eleutherius, die de opvattingen van de peripatetici (de alchemisten) verdedigt en Carneades, Boyle zelf. Het gaat vooral om het probleem van de chemische elementen. Eleutherius neemt de vier elementen van Aristoteles aan; Carneades wil weten wat eigenlijk de principiële betekenis van het begrip chemisch element is. In de loop van de discussie wordt het beroemde experiment van de Zuid-Nederlander Jan Baptist van Helmont (1579-1644) besproken. Deze had gedurende vijf jaar een wilgeboompje in een afgewogen hoeveelheid aarde laten groeien en alleen water als voedsel toegevoegd. De gewichtstoename die hij vond, is dus alleen te danken aan het water dat omgezet is in aarde. Van Helmont beschouwde het water als oerelement, maar Boyle twijfelde daaraan. Hij meende dat de vier aristotelische elementen uit kleine deeltjes zijn opgebouwd die in onafgebroken beweging zijn. De vier elementen van Aristoteles, maar ook de drie principia van Paracelsus, zijn niet elementair maar samengesteld. Chemische elementen zijn voor Boyle de laatste analysegrens, maar zijn 'sceptische' houding laat niet toe dat hij ook onontleedbare stoffen kan aanwijzen. Daardoor leidde zijn empirisme tot scepticisme.

Boyle's voornaamste doel in de scheikunde was een mechanistisch beeld van de chemische reacties te geven. Hij bestreedt oude begrippen als occulte vormen en kwaliteiten en wilde het gedrag van de materie verklaren in analogie met een machine. De wereld is voor Boyle niet een organisme, maar een mechanisme dat hij graag vergeleek met het beroemde uurwerk van Straatsburg. Voor zijn mechanistische verklaringen maakte hij gebruik van de nieuwe corpusculaire filosofie, waarbij hij 'cartesiaanse' deeltjes gebruikte. Ook hier bleef hij sceptisch en deed hij geen uitspraak over het al of niet bestaan van absolute atomen of over de vorm en bewegingen van de materiedeeltjes. Dit in tegenstelling tot Isaac Newton (1642-1727), die in de beroemde 'query' 31 aan het slot van zijn *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light* (1704) zijn opvattingen over de structuur van de materie uiteenzette. Newton nam aan 'that God in the Beginning form'd Matter in solid, massy, hard, impenetrable, moveable Particles'.[4.] Hij paste deze deeltjes niet alleen toe in zijn lichttheorie, maar ook op alle fysische en chemische verschijnselen. Een zout is oplosbaar in water, omdat de aantrekkingskracht van zout voor water groter is dan van zout tot zout. IJzer lost op in kopersulfaat, omdat de aantrekking van ijzer tot zwavelzuur groter is dan van koper tot zwavelzuur, enz.

Boyle is een voorbeeld van een amateurwetenschapper, zoals Engeland er lange tijd veel kende. Dit in tegenstelling tot het continent van Europa, waar de grootste bijdragen tot de scheikunde juist van farmaceutisch of medisch geschoolde geleerden kwam. In Boyle's tijd ontstonden ook informele gezelschappen, waar over natuurwetenschappelijke onderwerpen werd gesproken, zoals het Invisible College in Oxford en Londen. Uit deze informele gezelschappen ontstonden de officiële genootschappen (Royal Society, Londen, 1662; Académie Royale des Sciences, Parijs, 1666), die belangrijk bijdroegen tot de ontwikkeling van de experimentele natuurwetenschappen. Tussen de leden van dergelijke gezelschappen bestonden uitvoerige correspondenties, waardoor wetenschappelijke kennis snel werd verspreid.


CHYMISTA
SCEPTICUS
VEL
DUBIA
ET
PARADOXA
CHYMICO-PHYSICA
circa
Spagyricorum
Principia
Authore
ROB. BOYLE
Nobili Anglo

Rotterodami
Apud Arnoldum Leers
Anno 1662

IV. Titelblad van de Latijnse uitgave van The Sceptical Chymist *van Robert Boyle (1661), uitgegeven door Arnoldus Leers in Rotterdam (1662) en met alchemistische voorstellingen geïllustreerd*.

Iatrochemie en cartesianisme

In de zeventiende eeuw nam de iatrochemie, de wetenschappelijke stroming die het functioneren van het menselijk lichaam als een chemisch proces wilde benaderen en daarom ziekten met scheikundige stoffen probeerde te genezen, in het methodisch denken van de geneeskunde een belangrijke plaats in.[5.] De iatrochemie wordt dikwijls gelijkgesteld met de chemiatrie. Hoewel beide begrippen nauw met elkaar verbonden zijn, moeten we ze toch onderscheiden. Onder iatrochemie verstaan we een richting in de geneeskunde, waarin aangenomen wordt dat de functies van het levend organisme in de eerste plaats door chemische processen worden verklaard; onder chemiatrie de bereiding van geneesmiddelen, waaruit zich later de farmaceutische chemie zou ontwikkelen.

Onder de artsen die zich bezighielden met scheikunde, waren er verschillende die zich niet beperkten tot de chemische bereiding van geneesmiddelen om aan deze de voorkeur te geven boven de gebruikelijke. Zij zagen ook in het levende lichaam voortdurend chemische krachten werkzaam en zich chemische verschijnselen afspelen en wilden zowel de natuurlijke als de tegennatuurlijke toestand ervan met behulp van alleen de wetenschap van de scheikunde verklaren. Sommigen van hen waren niet meer dan kwakzalvers, anderen echter ernstige geleerden die met wetenschappelijk begrip en het plichtsbesef van de arts hun beroep uitoefenden en heilzaam werkzaam waren. Bekende iatrochemici zijn Andreas Libavius (ca 1550-1616) en Johannes Hartmann (1563-1631), die in 1609 benoemd werd tot ‘professor chymiatriae’ aan de Universiteit van Marburg.

De iatrochemie, de ‘scheikunde in dienst van de geneeskunde’ beleefde in ons land zijn hoogtepunt door François dele Boë, Sylvius (1614-1672).[6.] Sylvius had omstreeks 1630-1635 in Sédan en Leiden geneeskunde gestudeerd en was na een studiereis door Zuid-Duitsland in 1637 in Basel gepromoveerd. Hij vestigde zich als geneesheer in zijn geboorteplaats Hanau, maar na een klein jaar vertrok hij om een rondreis door Frankrijk te maken. Van 1638-1641 heeft hij - hoewel niet officieel benoemd - als privaatdocent in Leiden lessen in de anatomie gegeven. Vanaf 1641 was hij geneesheer in Amsterdam waar hij verbonden was aan de Waalse diaconie. In 1658 verwisselde hij zijn bloeiende praktijk voor het ordinariaat in de geneeskunde aan de Leidse universiteit. Hier oefende hij grote invloed uit op het geneeskundig denken door de plaats die hij de scheikunde gaf in de medische praktijk. Sylvius deed al in Amsterdam scheikundige experimenten; in Leiden had hij een chemisch laboratorium. Wat voor proeven hij precies deed, is echter niet bekend.[7.]

Sylvius bouwde voort op de opvattingen van Paracelsus en vooral op die van de Zuid-Nederlander Jan Baptist van Helmont, geneesheer in Vilvoorde bij Brussel, waar hij scheikundige experimenten deed. Van Helmont beschouwde de processen in het menselijk lichaam analoog aan chemische reacties. Voor de verklaring van alle verandering in de natuur nam hij twee oorzaken aan: de ‘stoffe’ (materie of het substraat van de dingen) en ‘d'uytwerckende inwendige kracht’ (ferment).[8.] Voorts nam hij een ‘archeus’ of ‘inwendigen werckmeester der saden’ of ‘bestierder’ aan[9.], die we als werkend levensbeginsel al bij Paracelsus tegenkomen. Volgens Van Helmont richten deze mysterieuze levenskrachten de fermenten, die in het lichaam de levensprocessen bewerkstelligen. Van Helmonts opvattingen werden snel aanvaard en

uitgebreid door zowel scheikundigen als medicinae doctores. Sylvius was in dezelfde problemen geïnteresseerd en ontwikkelde een theorie waarin hij gezondheid en ziekte probeerde te verklaren in termen van zuur en base. In zijn fysiologie en pathologie speelden bloed, slijm, zwarte en gele gal uit de antieke humoraalpathologie, de antieke leer van de sappen, geen rol en zijn vervangen door zuur en alkali.

Dat azijn op kalk gegoten opbruising teweegbrengt, was al lang bekend. Ook wist men dat alkali, verkregen uit houtas (potas of kaliumcarbonaat), met een zuur gasontwikkeling veroorzaakt. Voor Sylvius waren dergelijke opbruisingen een bewijs dat in de reactie zuur en base aanwezig moesten zijn. Ook fysiologische en pathologische processsen beschouwde hij als van zuiver scheikundige natuur. Ook daar spelen zuur en base een wezenlijke rol.

De levensprocessen zijn analoog aan chemische reacties en zijn te beschouwen als chemische fermentaties (de scheiding van de bestanddelen van een verbinding als gevolg van de oplossing van het zout dat volgens Sylvius de bestanddelen verbindt) of effervescenties (het verbinden van zuur en base onder opbruising of gisting), die ontstaan door het zure respectievelijk alkalische karakter van bepaalde, meestal hypothetische stoffen. Van Helmont vergeleek fermentaties met het gistingsproces waarbij druivesap wordt omgezet in wijn en het verkregen geestrijke vocht een opwekkende invloed uitoefent op het menselijk gestel. Sylvius ging niet verder dan fermentatie te beschouwen als de vorming van een gas in een zuur-base reactie.

Gezondheid is voor Sylvius het gevolg van de juiste verhouding van de zure en alkalische grondstoffen van de lichaamssappen. Ziekte wordt veroorzaakt door een verstoring van dat evenwicht door de produktie van bijtende zure of alkalische stoffen, acrimonia of scherpte van de lichaamssappen. Deze acrimonia was in de meeste gevallen van zure aard. Alleen bij de pest waren de lichaamssappen alkalisch. De therapie bestond in het neutraliseren van de overmaat zure of alkalische sappen door alkalische respectievelijk zure geneesmiddelen, gekoppeld aan het afvoeren van de slechte sappen. Alle fysiologische en pathologische verschijnselen zijn dus het resultaat van chemische activiteiten. Sylvius verwierp mystieke concepten waarin de archeus een belangrijke rol speelde. Hij zocht naar een basis voor zijn theorie door zelf chemische experimenten uit te voeren.

De iatrochemische opvattingen van Sylvius hadden veel succes en werden snel verspreid door zijn leerlingen en volgelingen, vooral door de Duitse, in Venetië wonende Otto Tachenius in diens *Hippocrates chimicus* (1666). Metafysische achtergronden zijn bij Sylvius nauwelijks te vinden. Van de deeltjestheorieën van Pierre Gassend of van René Descartes maakte hij geen gebruik. Een aantal van zijn volgelingen echter verbond de iatrochemische opvattingen van hun leermeester met het recent opgekomen cartesiaanse wereldbeeld.[10.] De theorie van de Franse wijsgeer was in ons land snel en welwillend opgenomen, hoewel ze aan de universiteiten tot spanningen en open conflicten voerde.[11.]

De met Descartes bevriende Leidse geneesheer Cornelis van Hogelande (ca 1590-1662), neef van de alchemist Theobald van Hogelande, verbond de mechanistische filosofie van Descartes met de iatrochemie van Van Helmont. Hij vergeleek het menselijk lichaam met een alembiek waarin de levensgeesten door een echte destillatie van het bloed worden gescheiden en maagsap en bloed vergeleken worden met een fermenterend mengsel van antimoonboter ($SbCl_3$), aqua fortis (HNO_3) en ijzervijlsel.

Tegen het eind van de zeventiende eeuw waren talrijke Nederlandse medici bezig aan een synthese van de iatrochemische denkbeelden van Sylvius en het mechanistische systeem van Descartes. Een uitgesproken cartesiaan was Theodorus Craanen (1620-1689), hoogleraar in de filosofie, wiskunde en geneeskunde te Nijmegen (1661) en in logica en metafysicia te Leiden (1670).[12.] Craanen nam de cartesiaanse 'rarefactio' aan, de verdunning van het bloed door de 'calor innatus', de ingeboren warmte van het hart, alsmede de fermentatie en effervescentie van Sylvius, gekoppeld aan de leer van deeltjes en poriën. Zijn fysiologie berustte geheel op de cartesiaanse materietheorie. Gezondheid en ziekte verklaarde hij uit de beweging van deeltjes in de kanalen en poriën van de lichaamsorganen respectievelijk de verstopping van de poriën. Deze mechanistisch-wijsgerige conceptie omvatte ook de fermentatie en effervescentie, alsmede zuur-base reacties. Craanens program vond zijn neerslag in de *Oeconomia Animalis ad circulationem sanguinis breviter delineata* (1685).

Craanens synthese van de leer van Sylvius met die van Descartes werd door zijn leerlingen overgenomen. De Harlingse geneesheer Heydentrijk Overkamp (1651-1693) schreef *Nieuwe beginselen tot de genees- en heelkonst, steunende op de gronden der fermentatie en dese op die van R. Descartes* (1681); Cornelis Bontekoe (ca 1640-1685) *Fragmenta, dienende tot een onderwys van de beweginge, en vyandschap, of liever vriendschap, van het acidum met het alkali. Mitsgaders phlegma, spiritus, oleum, sulphur, terra, en caput mortuum* (1683).

Stephanus Blankaart (1650-1704), in Middelburg geboren en vanaf 1674 geneesheer in Amsterdam, verklaarde in het voorwoord van *De Kartesiaanse Academie. Ofte Institutie der Medicyne [...] Alles op de waaragtige gronden, volgens de meining van den Heer Cartesius gebouwt* (1683) dat hij niet op de puinhopen van de Griekse geleerden een systeem van de geneeskunde wilde opbouwen, maar dat hij van de grond af een geheel nieuw stelsel heeft opgebouwd 'niets aannemende als 't gene hy klaarlyk en onderscheidentlijk, sonder daar aan te konnen twyfelen, begrypen kon'. Uit dit leerboek en uit de derde druk van Blankaarts *Nieuwe Hedendaagsche Stoff-Scheiding, oft Chymia. Volgens de gronden van Cartesius, en dit van het Alcali en Acidum gestelt* (1685) blijkt dat hij het cartesianisme verbond met de leer van het alkali en zuur van Sylvius.

Blankaarts cartesianisme was duidelijk beïnvloed door de Parijse apotheker Nicolas Lemery (1645-1715). Diens *Cours de Chymie* (1675) verscheen in 1683 in Nederlandse vertaling als: *Het philosoophische laboratorium of der chymisten stook-huys*. De vertaling was nagekeken en geannoteerd door Blankaart. Ook Lemery was cartesiaan. Hij maakte in zijn verklaringen van chemische reacties gebruik van cartesiaanse deeltjes, die hij samenvoegde tot grotere complexen, de moleculen. Chemici als Lemery gebruikten de zuur-base theorie als 'bewijs' voor hun interpretaties van chemische laboratoriumreacties. In tegenstelling tot Lemery, bij wie de feiten vooropstonden, was Blankaart veel speculatiever. Was goud voor Lemery een elementaire stof, Blankaart liet het bestaan uit cartesiaanse zuur- en alkalideeltjes. Maar net als bij Lemery is alkali samengesteld uit lange, stijve en gepolijste deeltjes vol onzichtbare pijpjes en gaatjes. Zuur bestaat uit stijve, gepolijste en langwerpige deeltjes die puntig zijn als naalden en aan beide zijden snijdend. Wordt alkali met zuur overgoten, dan stoot het de zuurdeeltjes af net zoals een gladde stenen vloer bolvormige steentjes terugkaatst. Hierbij worden tevens de deeltjes van de hemelmaterie uit de stoffen ver-

dreven en daardoor ook de subtiele materie. Deze brengt de scherpe zuurdeeltjes in een heftige beweging, waardoor de punten afbreken. De zuurdeeltjes worden daardoor stomp, terwijl de afgebroken punten in de pijpjes en gaatjes van het alkali dringen. Het zuur en alkali geven zo samen zouten!

Blankaarts theorie was zuiver speculatief. Net als Descartes kon hij met zijn theorie alles verklaren. Het enige verschil tussen het gistingsproces en zuur-basereacties is de geringe snelheid van het eerste proces tengevolge van de aanwezigheid van zwavel (organische stof). Het oplossen van metalen en van alkalische mineralen in zuren komt door de heftige beweging van het zuur teweeggebracht door de subtiele materie. De vaste stof wordt daarbij omgezet tot een fijne stof, namelijk de kalk.

De leer van Sylvius nam aan invloed zo sterk toe, dat Charles Drélincourt (1633-1697), sedert 1668 hoogleraar in de geneeskunde en anatomie te Leiden, er een aanval op waagde. De felste kritiek kwam echter van de scheikundigen. De controverse in de tweede helft van de zeventiende eeuw over de natuur van het zuur en de alkali is deel van de overgang van de scheikunde als wetenschap in dienst van de geneeskunde naar de scheikunde als fysische wetenschap. De iatrochemie is begonnen als een chemische theorie en werd overgenomen door chemisch geïnteresseerde geneeskundigen. Het unificerende chemische dogma van het zuur en het alkali werd gebruikt door zowel scheikundigen als geneeskundigen voor de verklaring van alle chemische respectievelijk iatrochemische verschijnselen. Vandaar dat de zuur-base theorie relatief snel stierf door tegenstrijdige chemische experimentele resultaten, vooral door het werk van Robert Boyle in diens *Reflections upon the Hypothesis of Alkali and Acidum* uit 1675.[13.] Boyle had vooral bezwaar tegen de vaagheid van de voorstelling van zuur en base als bestanddelen van alle chemische stoffen. Het gebruikte criterium van de effervescentie vond hij zo onzeker dat ze voor hem chemisch gezien praktisch waardeloos was. Zelf had Boyle analytische reacties ontwikkeld voor de identificatie en scheiding van zure, basische en neutrale stoffen waarvan hij meende dat ze beslissend waren en waarbij hij gebruik maakte van indicatoren die kleurverschijnselen vertoonden. Jacobus le Mort (1650-1718), professor in de scheikunde aan de Leidse Hogeschool, gebruikte in zijn interpretaties van chemische processen weliswaar de deeltjestheorie van Boyle samen met cartesiaanse elementen, maar hij verwierp de leer van de fermentaties omdat hij het niet kon verdragen dat de iatrochemici met hun overgrote liefde voor fermentaties in het menselijk lichaam de geneesheer verlaagden tot een bierbrouwer of een wijnfabrikant. Het iatrochemisch dogma dat alle biologische processen als chemische reacties beschouwde, ondervond een voortdurend toenemende weerstand. Door overdrijvingen in theorie en praktijk verzwakte de iatrochemische school en verloor tegen 1700 het grootste deel van zijn aanhangers. Het cartesianisme, dat men als bondgenoot genomen had, kon dit verval niet meer afwenden.

Scheikunde aan de Nederlandse universiteiten

De beoefening van de scheikunde aan de Nederlandse hogescholen en athenaea (de laatsten hadden geen promotierecht) heeft lang plaats gevonden in het kader van de medische opleiding. Pas in 1815 werd een afzonderlijke faculteit van wis- en natuurkundige wetenschappen ingesteld. Daarvóór waren deze disciplines ondergebracht in

de medische en in de natuurfilosofische faculteit. In de laatste werden zowel de humaniora als de natuurwetenschappen (wiskunde en natuurkunde) onderwezen. Het chemisch-farmaceutische en botanische onderwijs werd verzorgd door medici uit de medische faculteit, meestal practizerende geneesheren, en het was vooral afgestemd op de behoefte van medische studenten. Scheikunde (en ook plantkunde) werden beschouwd als hulpvakken voor de medische propaedeuse. Dit had tot gevolg dat onderwijs en onderzoek nauwelijks werden gestimuleerd en dat vernieuwingen grotendeels uitbleven. Een mogelijkheid om als scheikundige een beroep uit te oefenen bestond vrijwel niet, hetgeen belemmerend werkte op het instellen van een zelfstandige studie van dat vak. Het scheikundeonderwijs was sterk afhankelijk van de belangstelling van de medische hoogleraren die het moesten onderwijzen.

Aan de oudste Noord-Nederlandse universiteit Leiden (gesticht in 1575) was het Sylvius die bij zijn medisch onderwijs ook de chemie behandelde. Hoewel het scheikundig onderwijs nog in de kinderschoenen stond, verwerkte hij toch de nieuwe resultaten van de scheikunde in zijn fysiologie en therapie. Van een zo vooraanstaand iatrochemicus was dat ook wel te verwachten. Sylvius beperkte zich echter tot de behandeling van theoretische begrippen, en gaf geen systematische behandeling van de scheikunde. Hij had geen leeropdracht voor scheikunde en een chemisch laboratorium stond niet tot zijn beschikking. Echter, met de introductie van de iatrochemie in Leiden ontstond een behoefte aan chemisch onderwijs. Weliswaar gaf Christiaan Marggraf (1626-1687) vanaf omstreeks 1659 privé-onderwijs in de geest van Sylvius in de theoretische en praktische scheikunde bij hem aan huis, maar de Senaat weigerde hem toestemming te verlenen om colleges aan de universiteit te geven. Op 8 augustus 1664 moesten Curatoren echter constateren ‘dat de Chimie in de Univ. niet en wert gedoceert, ende de studenten daerin geoeffent’.[14.] In verband met de dreigende komst van Sylvius' wetenschappelijke rivaal, de Groningse hoogleraar Anton Deusing (1612-1666) naar Leiden, zegden Curatoren Sylvius op 8 februari 1666 een professoraat in de scheikunde en een scheikundig laboratorium toe. Deusing was echter op 30 januari overleden, zodat de aan Sylvius gedane belofte niet meer van kracht was! Het duurde tot 8 augustus 1668 voor besloten werd tot het inrichten van een ‘Laboratorium Chymicum’. Daartoe werd in 1669 een piepklein, twee verdiepingen tellend huisje aan de westzijde van de hortus botanicus met een vloeroppervlak van zeven bij vijf meter aangekocht.[15.]

Dit kwam kennelijk ter ore aan de 29-jarige Carel de Maets (Carolus Dematius, ca 1640-1690), medicinae doctor in zijn geboortestad Utrecht, waar hij op 7 december 1668 van de Vroedschap vergunning had gekregen tot het geven van Collegia Chymica.[16.] Hij was ‘privaatdocent’ zonder de beschikking te hebben over een chemisch laboratorium. In 1669 vertrok hij naar Leiden als eerste officiële chemiedocent. Op 8 augustus 1669 werd het hem ter beschikking gestelde ‘Laboratorium Chymicum’ in gebruik genomen.[17.]

Dematius' carrière verliep voorspoedig. Hij werd hoogleraar in de medicijnen (1670) en chemie (1672) en zijn laboratorium werd in 1671 uitgebreid. In 1686 kreeg hij de beschikking over een nieuw laboratorium benoorden de hortus. Na zijn overlijden op 29 januari 1690 stelden Curatoren op 6 mei Jacobus le Mort aan tot ‘Praefectus Laboratorio Chymico’.[18.] Evenals Dematius had Le Mort zijn chemische opleiding genoten op het laboratorium van de Duitse technisch-chemicus Jan Rudolph

Glauber in Amsterdam. Al vanaf 1672 had Le Mort in Leiden op zijn privélaboratorium farmaceutisch onderwijs gegeven. Na allerlei strubbelingen - Le Mort weigerde zelfs enige malen college te geven - werd hij in 1702 benoemd tot Professor ordinarius medicinae et chemiae.

Had Leiden in 1669 zijn eerste officiële chemiedocent, de in 1636 opgerichte Utrechtse Hogeschool moest daarop nog een kwart eeuw wachten. Op 17 september 1694 kreeg de Duitse apotheker Johann Conrad Barchusen (1666-1723) van de Vroedschap toestemming tot het geven van lessen als privaatdocent in de chemie. Op 3 oktober 1698 werd hij, na tot doctor in de geneeskunde te zijn bevorderd, lector en op 19 maart 1703 buitengewoon hoogleraar in de scheikunde in de medische faculteit. Op 8 april 1695 werd besloten 'om de ledige woninge op 't bolwerck, daer den Hortus [botanicus] op is, te appropriren tot een laboratorium chimicum'.[19.]

In de zeventiende-eeuwse universitaire wereld was Barchusen een unieke figuur. Hij was geen geneeskundige met interesse in de chemie, maar een getrainde apotheker en chemicus zonder academische opleiding. Hij doceerde alleen scheikunde en niet, zoals zijn collega's, ook medische vakken. Barchusen beschouwde de chemie dan ook niet als een hulpwetenschap voor de geneeskunde, maar als een zelfstandige discipline, als een deel van de natuurfilosofie welke zich bezighoudt met de samenstelling van de materie.

Aan de andere hogescholen in ons land werd pas tegen het eind van de zeventiende eeuw van officiële zijde aandacht geschonken aan de scheikunde.[20.] (Tabel I) In Franeker (gesticht in 1585) gaf Petrus Latané (1658-1726) sinds 1693 scheikunde in zijn medische colleges en pas in 1720 werd daar de eerste scheikundehoogleraar benoemd (Wijer Willem Muys, 1682-1744). In Groningen doceerde Rudolphus Eyssonius (1655-1705) scheikunde vanaf 1696 zonder een laboratorium tot zijn beschikking te hebben. Praktisch chemisch werk werd in die tijd vooral verricht door farmaceuten, die ongetwijfeld in contact stonden met medische hoogleraren, zoals de Leidse apotheker David Stam (1633-1711) contact had met Sylvius.[21.]

Tabel I.
De eerste officiële chemiedocenten aan de Nederlandse universiteiten en athenaea

UNIVERSITEIT LEIDEN (1575).
1669 C. de Maets (c 1640-1690), lector; 1672 hoogleraar

UNIVERSITEIT FRANEKER (1585)
1720 W.W. Muys (1682-1744), hoogleraar

UNIVERSITEIT GRONINGEN (1614)
1696 R. Eyssonius (1655-1705), hoogleraar

UNIVERSITEIT UTRECHT (1636)
[1668-1669 C. de Maets, privaatdocent]
1694 J.C. Barchusen (1666-1723), privaatdocent; 1698 lector; 1703 buit. hoogleraar

UNIVERSITEIT HARDERWIJK (1648)
1756 P. 's-Graeuwen (1715-1799), hoogleraar

ATHENEAEUM DEVENTER (1630)
1788 G. Westenberg (1738-1795), hoogleraar

ATHENEAEUM AMSTERDAM (1632)
1785 D. van Rhyn (1745-1817), hoogleraar

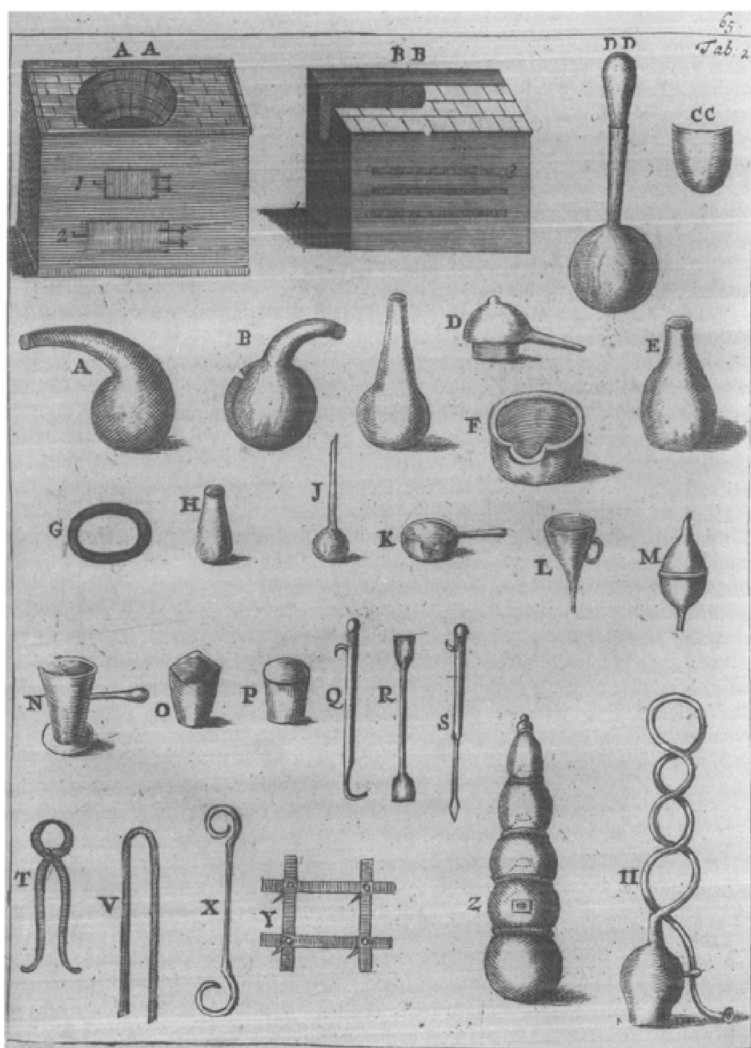
Over de inhoud van het Leidse en Utrechtse chemie-onderwijs is weinig bekend. Sylvius baseerde zijn iatrochemische stelsel niet alleen op theoretische beschouwingen, maar ook op anatomische, praktisch-medische en chemische experimenten. Meer informatie over het Leidse chemische onderwijs is te halen uit de *Collectanea Chymica Leydensia* (1684), een verzameling recepten naar onderwerp alfabetisch gerangschikt met de naam van de docenten Dematius, Le Mort en Marggraf. De *Collectanea* werd gepubliceerd door de Londense arts Christopher Love Morley (geb. ca 1646), die in 1679 in Leiden was gepromoveerd. Het onderwijs lijkt vooral chemisch-farmaceutisch gericht te zijn geweest, zoals ook uit de titels van de niet meer te achterhalen werken van Dematius blijkt: *Prodromus chymiae rationalis* (1684) en *Chymia rationalis et praxis Chymiatriae rationalis* (1689). De in het British Museum aanwezige manuscripten van Dematius' colleges uit 1675-1676 zijn niet meer dan een verzameling chemische en ‘geheime’ recepten.[22.]

Van Le Morts onderwijs weten we meer. Hij doceerde in 1703 op maandag en dinsdag de bereiding van geneesmiddelen en op donderdag en vrijdag de theorie. Zijn theoretische opvattingen blijken uit zijn *Chymia medico-physica, rationibus et experimentis instructa* (1684) en *Chymia rationalis nec non praxis chymiatrica* (1697). De opvattingen van Le Mort stonden lijnrecht tegenover die van Sylvius en Dematius. De fysiologische verschijnselen verklaarde hij met behulp van het cartesiaanse deeltjesmodel. Hij gebruikte stijve en harde zoutdeeltjes; weke, langwerpige en stompe waterdeeltjes en vaste en harde aardedeeltjes, waaruit de chemische verbindingen bestaan.

Le Morts verhouding tot Dematius was uitgesproken slecht. Ook met Marggraf stond Le Mort op voet van oorlog, zoals blijkt uit Marggrafs boek: *Jacobi le Mort pseudochemici et ratiocinatoris dupondiarii ignorantia circa chemiam et universam scientiam naturalem* (1687), waarop Le Mort antwoordde met een *Ignorantia circa chemiam et universam scientiam naturalem detecta ab Marggravio* (1687).

Barchusen in Utrecht was een echte iatrochemicus. Aan het slot van zijn *Pyrosophia, Succincte atque breviter Iatro-Chemiam, Rem Metallicam et Chrysopoeiam Pervestigans. Opus Medicis, Physicis, Chymicis, Pharmacopoeis, Metallicis etc. Non-Inutile* (1698) en in de uitgebreide herdruk ervan als *Elementa Chemiae, Quibus subjuncta est confectura Lapidis Philosophici Imaginibus Repraesentata* (1718) vinden we een viertal programma's van de praktische laboratoriumoefeningen voor zijn studenten uit de jaren 1695-1697.[23.] Daaruit blijkt dat zijn onderwijs grondig en doelmatig chemisch-farmaceutisch was.

De laboratoriumcursus uit 1697 bestond uit vier onderdelen: de beginselen van de scheikunde, de metallurgie (essaaitechnieken), de alchemie (‘transmutatie’ van ijzer in koper; de verhitting van kwik in een oplossing van kopervitriool en afscheiding van het gevormde amalgaam; kleurreacties) en iatrochemie (met 42 voorschriften voor de bereiding van geneesmiddelen). In het eerste gedeelte wordt Barchusens veronderstelling dat er vier chemische principes zijn (zout, olie, water en aarde) toegelicht. Hij onderscheidde ‘salia integra’ (die uit een zout en een base na verzadiging ontstaan) en halfzouten: basen en zuren, die weer verdeeld worden in vast en vluchtig. Dit wordt toegelicht met twaalf experimenten. Vervolgens worden de twee typen olie behandeld, die men door destillatie kan verkrijgen: de essentiële oliën, die in het plantenrijk in bepaalde planten voorkomen, en de empyreumatische oliën, die zowel in het



V. Chemische apparatuur uit J.C. Barchusen, Elementa Chemiae *(Leiden, 1718). (Museum Boerhaave, Leiden)*.

planten- als in het dierenrijk voorkomen. Over de andere elementen, water en aarde, wordt niet gesproken.

Over de in die tijd gebruikte chemische laboratoria is evenmin veel bekend. Van Sylvius weten we dat hij in zijn woning aan het Rapenburg 31 een drietal ruimten beschikbaar had voor het uitvoeren van chemische (d.w.z. vooral chemisch-farmaceutische) experimenten en waar hij mogelijk zijn studenten onderwees. Boven in het achterhuis van zijn woning bevonden zich de studeerkamer, collegekamer, destilleerkamer, laboratorium en een 'bovenlaboratorium'. De inventarislijst, die na zijn overlijden op 6 april 1673 werd opgesteld, vermeldt niet minder dan 18 koperen en 2 ijzeren ovens.[24.] Van het eerste Leidse universiteitslaboratorium dat Le Mort in 1669 tot zijn beschikking kreeg, weten we uit de inventarislijst die op 1 mei 1690 werd opgesteld, dat het digereerovens, smeltovens, destilleerovens en cupelleerovens bezat.[25.]

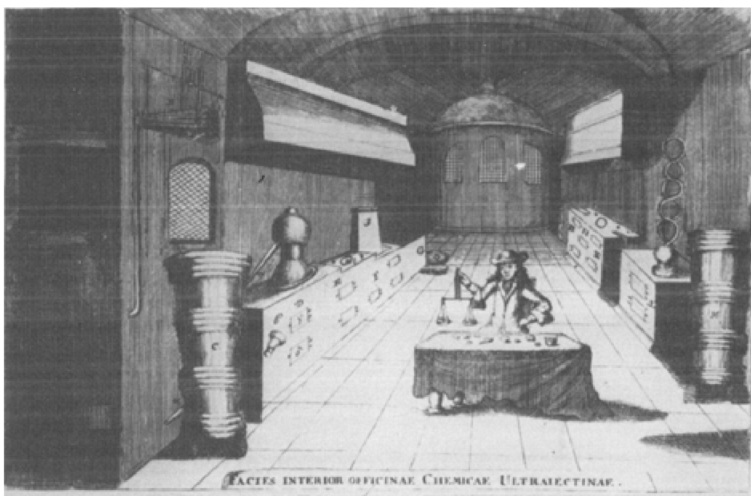
Over het laboratorium van Le Mort schreef de Duitser Zacharias Conrad von Uffenbach (1683-1734), die het op 24 januari 1711 bezocht: 'Es ist nicht gar gross, hat auch nicht viele Oefen, doch einige von guter Invention, ist auch gar schön helle. Oben herum war ein Brett mit runden Löchern, in welchem die Retorten, mit dem Hals durchgesteckt, gar bequem ruheten, da sie sonst, wenn man sie nur legt, gar leicht herumrollen, und eine die andere herunter wirft. Es sind ringsherum erhöhete Bänke gemacht, wie in einer Anatomie, darauf die Studenten sitzen, dass sie alles sehen und hören können.[26.]

Een afbeelding van het Leidse laboratorium bezitten we niet. Wel kunnen we aan de hand van Le Morts *Chymia medico-physica, rationibus et experimentis instructa* (1684)[27.] of Barchusens *Pyrosophia* (1698) een indruk krijgen van de in die tijd gebruikte apparatuur. (Afb. V)

Wel hebben we een afbeelding van het Utrechtse laboratorium dat zich bevond in de kelders van de tegenwoordige sterrenwacht op de Zonneburg. Het is door Barchusen afgebeeld in zijn *Pyrosophia*. (Afb. VI) Het was een eenvoudig, lang lokaal met een negental ovens die langs de muur waren opgesteld. Links zien we achtereenvolgens een smeltoven (A) met een blaasbalg (B), een houten vat dat als koeler dienst doet met een tinnen afvoerbuis (C), een oven met een grote koperen destilleerketel (D) en een wateruitlaat (b), een waterbad (E), een digereeroven met een toren voor het aanvullen met kolen (F) en een vlamoven (G). Rechts staan twee ovens met een zandbad (H,K), een klein destilleerapparaat (C) en een koelvat (M). Op de voorgrond zit een man (Barchusen zelf?) achter een tafel met een balans in de hand.

Toegepaste en technische scheikunde

De chemische industrie kende in ons land een bloeiperiode in de zeventiende eeuw hetgeen te danken was aan de gunstige geografische ligging van ons land en de bloei van de handel, maar ook omdat sinds het begin van de eeuw het beroep van 'chymist' opkwam. Een 'chymist' was een producent van chemicaliën, had de beschikking over een werkplaats (laboratorium) waar hij min of meer zuivere chemische stoffen in grote hoeveelheden bereidde en waar één tot tien knechten (laboranten) werkzaam waren.[28.]



VI. Het eerste chemische universiteitslaboratorium te Utrecht, gesticht in 1695. Afgebeeld in: J.C. Barchusen, Pyrosophia *(Leiden, 1698)*.

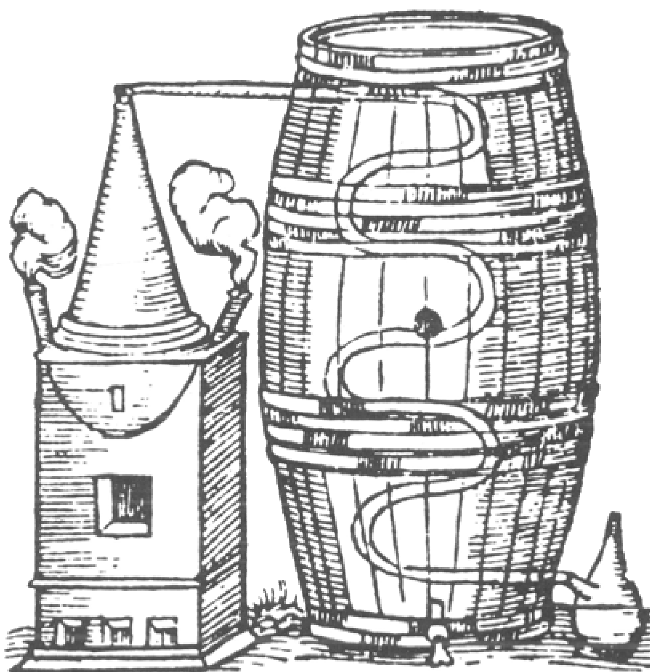
Een van de oudste takken van de Nederlandse procesindustrie was de uit de middeleeuwen stammende zoutziederij. In Zeeland werd zout bereid uit de zouthoudende bodem langs de kust. Daar werd in de middeleeuwen ook al de kleurstofbevattende meekrap verbouwd en vanaf de zestiende eeuw op grote schaal naar het buitenland geëxporteerd. In die tijd verplaatste de kern van de chemisch gerichte nijverheid zich van Zeeland naar Holland, waar vooral in Amsterdam, Rotterdam en de Zaanstreek de chemische industrie een verzameling van een groot aantal, betrekkelijk los van elkaar staande fabrieken, trafieken en ambachten vormde. Behalve chemicaliën fabrieken treffen we o.m. azijnmakerijen, buskruitfabrieken, potas-, kamfer- en boraxraffinaderijen en kaarsenmakerijen aan.

Al vroeg werden in het Nederlands chemisch-technologische receptenverzamelingen gepubliceerd. Zo gaf de Amsterdammer Symon Andriessen in 1553 zijn *Constbouck Nyeulick wten Alchemistische gront vergadert. Tracteerende van allen grondtlijcken ghebruyckinge d'consten. Nutlich voor allen wercklieden/ als Muntmeesteren/ Goutwerckers/ Schevderen/ Goutsmeden Schilderen ende allen wercklieden werckende in Stael/ Yser/ Coper ende alle ander metalen. Item om ald'hande plecken wt te doen. Om ald'hande colueren te varwen. Van verguldinghe ende versilueringhe. Ende van werckinge der Alchemistischen dinghen. Niemant en haedt die const dan dye onwetene* uit.

De oudste chemisch-technologische werken die in ons land gedrukt werden, zijn destilleerboeken, die belangrijk waren voor de groeiende destillatieindustrie. Omstreeks 1520 verscheen in Antwerpen: *Dit is die rechte conste om alderhande wateren*

te distilleren en oock van die virtuten van alle ghedistileerde wateren seer goet ende profitelijck. Dertig jaar later, in 1552 en eveneens in Antwerpen gedrukt, verscheen de eerste editie van Philippus Hermanni, *Een Constelijck Distileer Boec*, waarvan in 1622 in Amsterdam een geheel nieuwe uitgave door Broer Jansz op de markt werd gebracht. Deze laatste uitgave bevat een aanhangsel: 'Dye maniere hoe men den Ghebranden wyn maken sal metten onderwysinghe der instrumenten die men daetoe hebben oft besigen moet', waarbij gebruik werd gemaakt van een spiraalvormige slangenkoeler. (Afb. VII) Het boek bevat ook het vroegste recept in de Nederlandse taal voor de bereiding van de jenever: 'Van geneverbessenwater Aqua juniperi'. In ons land werd vooral door dit boek de destillatietechniek in 'moderne' vorm geïntroduceerd.[29.]

Ons land kende geen mijnwezen en metallurgie die sinds de middeleeuwen naast de alchemie zich op de praktische winning van metalen en andere technische grondstoffen had gericht. Voor de Nederlandse chemische industrie van de zeventiende eeuw was vooral de bereiding van kwikverbindingen van belang.[30.] In Amsterdam werden



VII. Slangenkoeler uit Philipp Hermanni, Een Constelijck Distileer Boec *(1622) over de bereiding van de hollandse jenever*.

tussen 1600 en 1850 grote hoeveelheden vermiljoen (fijngewreven cinnaber) bereid door smelten van kwik en zwavel in aarden vaten, een technisch proces waarbij de verschijnselen van kwikvergiftiging bekend waren. In Carel Batin, *Secreet Boeck, waarin vele diversche secrete / ende heerlicke consten [...] bij een gebracht zijn* (1609), wordt de bereiding van cinnaber als volgt beschreven: 'Hoe dat men den *cinnober* of Vermeillioen constelick maken sal. Neemt twee deel Quicsilvers / en een derden deel solfers doet / hem in eenen pot / smelt den solfer / en den quicsilver onder een / alst nu cout geworden is so wryvet wel met melcanderen. Doetet daer naer in Gelas dat te voren een vinger decke met hayrigen Leem / over al becleet is. [...] settet [...] in een [...] distilleer hoventken [...]. Maeckt voor eersten / daer onder een cleyn Vierken / van drooge hout [...] dan siedt toe / dat ghy hem altydt stedich vier gheeft / sonder ophouden / totdat ghy den Rooc so root siet als bloet alsdan ist genoech. latet daer naer cout worde so hebdy goede cinnober'.[31.] Batin maakte dus cinnaber door smelten van kwik en zwavel. Enige jaren later, in 1613, bereidde de in Stavoren geboren geneesheer Hermannus Follinus (ca 1590-1622) uit Zandvoort het door verhitting van kwik, zwavel en salmiak. In zijn *Den Nederlandtsche Sleutel van 't Secreet der Philosophie* (Haarlem, 1613) lezen we: 'Indien ghy oock den Mercurium met Sulphur en Zout Armoniaci sublimeert, verandert in root poeder, ende dit poeder dan weder ghebrandt, komt weder die Mercurius, sonder verlies van ghewicht'. Interessant is de waarneming dat het aldus gevormde cinnaber bij toetreden van lucht weer wordt omgezet in kwik (en zwaveldioxyde), waarbij nadrukkelijk wordt opgemerkt dat de hoeveelheid kwik vóór en ná de reactie gelijk is.[32.] Follinus verkreeg cinnaber ook door verhitting van kwiknitraat met zwavel: 'Smelt den Mercurium ofte Quicksilver in sterck Water [= salpeterzuur], ende doet daer by evenveel Solphers, maeckt een distillatie door eenen Retort, soo sult ghy stercker Water hebben als te voren, ende aen den hals van uwen Glas, uwen opghevloghen [= gesublimeerde] Cinnabarum'.

In Amsterdam werden jaarlijks duizenden kilogrammen kwik verwerkt tot cinnaber en daarna in de vermiljoenmolens in de Zaanstreek viermaal gemalen en als olieverf in de handel gebracht. Cinnaber vond ook toepassing in de textielindustrie, zoals uit handschriften over textielververijen die omstreeks 1630 geschreven zijn, volgt.[33.] Voor het verven van wol en zijde gebruikte men cochenille (scharlakenrood), dat uit Mexico werd ingevoerd. Om de kleur vuriger te maken werd cinnaber toegevoegd. Ook in Rotterdam werd omstreeks 1610 vermiljoen gebruikt in de karmozijnververij.[34.]

Toen tegen het eind van de achttiende eeuw de mijnbouwkundige Friedrich August Alexander Eversmann de Amsterdamse cinnaberfabrieken en de Zaanse vermiljoenmolens bezocht, vermeldde hij dat de grootste vermiljoenfabrikant in Amsterdam de 'drogist' Coenraad Brand was, die 30000 pond cinnaber per jaar maakte.[35.]

Cornelis Jacobusz. Drebbel (1572-1633)

Vanaf de zeventiende eeuw wordt de in Alkmaar geboren Cornelis Jacobsz. Drebbel (1572-1633) òf verguisd, òf hemelhoog geprezen. In zijn *Kronyk van Alckmaar* (1746) introduceert Cornelis van der Woude hem als 'een uytgenomen en boven maten uytmuntende vestandigh *Philosooph*: wiens hooghe vernuft, ende scherpsinnighe

begryp (in zynen tijdt) in de gansche Werelt geen gelyck en hadde inde *Philosophie* [...]'.[36.]

Aan Drebbel wordt door Van der Woude meer dan 3½ pagina gewijd. Niet minder dan negen uitvindingen worden van hem beschreven. Als eerste '[e]ne glasen Kloote, in den welcken hy (uyt de kracht der vier Elementen) trock, ende maeckte een eeuwige beweginge'.[37.] Want alles wat in een jaar door de kracht van de elementen op aarde plaats vindt, vinden we in 24 uur terug op de glazen bol waarop men jaren, maanden, dagen, uren, de loop van de zon, maan, planeten en sterren, enz. kan aflezen en waarmee men kan begrijpen '[w]at de koude is, wat de oorsaeck van 't primum mobile, wat de oorsaeck van de Sonne, hoe die beweecht den Hemel, alle Sterren, de Maen, de Zee, den Aerdbodem, wat de oorsaeck van Ebbe, van Vloedt, van Donder, van Blixem, van Regen, van Wint: ende hoe alle dingen wassen en vermeerderen, etc.'. De tweede belangrijke uitvinding van Drebbel is dat hij een schip had gemaakt 'met het welcke men onder wafer konde roeyen ende varen van *Westmunster* tot *Greenwits*, zynde 2 duytsche mylen, ja 5 a 6 mylen, soo veer het hun beliefde; ende in 't Schip zynde, onder 't Water kondemen sien (sonder Keerslicht) in een Bybel of ander Boeck te lesen; welcken Schip men naest korte Jaren noch op den *Teems* ofte Rivier van *Londen* heeft sien leggen'.[38.] Voor Van der Woude was Drebbel een 'Kloeck verstant, een pronck der Wereldt: Waerd, met eeuwigh lof beperelt'.[39.]

In onze eeuw was het vooral H.A. Naber, die in verschillende publikaties op overdreven en dikwijls onwetenschappelijke wijze Drebbel als een van de origineelste en grootste geesten van zijn tijd heeft beschreven.[40.] Op felle wijze reageerde F.M. Jaeger[41.] tegen de kritiekloze Drebbelverering van Naber: niet alleen heeft Drebbel de natuurwetenschap niet verrijkt met nieuwe ideeën, maar hij was zelfs geen serieus natuuronderzoeker. Hij was niet meer dan een avonturier en armoedzaaier die zijn geluk over geheel Europa probeerde te beproeven zonder het overigens ergens te vinden. Later heeft G. Tierie[42.] een milder oordeel over Drebbel gegeven, zonder dat ook voor hem de Alkmaarder een groot natuurwetenschapper was. Een vernuftig technicus was hij zonder enige twijfel.

Rond 1604 of begin 1605 vertrok Drebbel naar Engeland waar hij verbonden werd aan de hofhouding van Jacobus I (1566-1625) en spoedig aan die van diens zoon, de tienjarige Henry van Wales (1594-1612), om behulpzaam te zijn bij de technische voorbereidingen van toneelopvoeringen en van de talloze vermakelijkheden aan het hof van de Stuarts waarvoor een gehele staf van handwerkslieden was aangetrokken. Later kwam hij in dienst van de Britse marine; hij vervaardigde explosiemiddelen en rustte branders uit voor de (mislukte) expeditie naar La Rochelle (1628) om de Hugenoten hulp te verlenen die in deze stad door de Franse troepen werden belegerd. In deze periode construeerde hij zijn waterdichte boot waarmee hij een eind onder het oppervlak van de Thames heeft gevaren. Het verhaal van deze 'duikboot' werd spoedig schromelijk overdreven. Hij heeft niet de duikboot uitgevonden en hij is ook niet de ontdekker van de zuurstof die hij blijkbaar nodig had om in de gesloten boot onder water te kunnen blijven. Het zijn vooral zijn twee schoonzoons Abraham (1598-1657) en Johan Sibertus (1595-1677) Kuffler geweest die Drebbels ontdekkingen en uitvindingen zo sterk hebben opgehemeld dat het thans uiterst moeilijk is de ware toedracht precies te achterhalen.

Voor de chemische technologie is Drebbel van belang door zijn uitvinding van het



EEN KORT TRACTAET
VAN DE
NATVERE DER ELEMENTEN, ENDE HOE SY VEROORSAECKEN, DEN VVINT, REGHEN, BLIXEM, DONDER, ende waeromme dienstich zijn.

Gedaen door CORNELIS DREBBEL.

TOT HAERLEM, Ghedruckt
By *Vincent Castelcyn*, aen't Marckt-velt, in de Boeck-druckery. ANNO 1621.

VIII. Titelblad van Cornelis Jacobsz. Drebbel, Een kort Tractaet van de Natuere der Elementen *(1621) met afbeelding van de auteur*.

tinbeitsen. Drebbel had waarschijnlijk sinds 1607 in Stratford-Bow (14 mijl van Londen) een ververij die niet al te best floreerde. Omstreeks 1622 werden de gebroeders Kuffler compagnon in de zaak. Pas na de dood van Drebbel wisten ze de zaak tot bloei te brengen. Bij het verven met cochenille bracht men eerst de wol in een bad met aluinaarde, waaruit zich een neerslag op de vezel afzette. Bij het daarop volgende uitverven met cochenille vormde het karmijnzuur van de kleurstof met het metaalzout karmijnrode verflakken. Drebbel wist de cochenilleververij belangrijk te verbeteren door in plaats van aluinbeits tinbeits te gebruiken waardoor een fraaie scharlakenrode kleur werd verkregen. Hij introduceerde verder in Engeland de zwavelzuurbereiding door verhitting van zwavel met salpeter en ontdekte mogelijk de explosieve kwik- en zilverfulminaten.

Drebbel heeft slechts weinig gepubliceerd. In 1604 verscheen zijn *Een kort Tractaet van de Natuyre der Elementen*, dat verschillende malen is herdrukt en vertaald. (Afb. VIII) Een tweede verhandeling is *De Quinta Essentia Tractatus* (1621) waarin in vage en algemene termen het alchemistisch proces wordt beschreven.

Uit de voorrede tot de verhandeling over de elementen blijkt dat Drebbel deze heeft geschreven om de 'lerende natuyre te beminnen, om Godt te kennen uit sijn schepselen, die ick met verwonderen aensach'.[43.] Hij legt herhaaldelijk de nadruk op de wonderen en geheimen van de natuur en op de wondervolle werken van God. De uitkomsten van zijn onderzoek heeft hij zelfstandig gevonden en niet uit oude schrijvers geput. Hij heeft ze ontvangen van de Natuur zelf, hoewel haar geheimen voor de meeste mensen verborgen blijven.

In een typisch teleologisch betoog worden eerst de vier aristoteliaanse elementen aarde, water, lucht en vuur besproken: God heeft 'zijn scheppinghen ghedeelt in vier deelen / als namentlijck / Vyer / Lucht / Water ende Aerde: ende elck heeft zijn kracht volghens zijn subtijlheydt'.[44.] Ze zijn in elkaar om te zetten. De atmosfeer vlak boven de aarde is warm. De zonnestralen veranderen lucht in de natuur van het vuur en water in de natuur van de lucht. Hoger boven de aarde bevindt zich een koudere atmosfeer, waarin lucht weer in water condenseert. Drebbel vergelijkt dit met het ontstaan van 'lucht' uit kokend water en de condensatie ervan als de ketel weer van het vuur wordt genomen. Vuur is voor hem een subtiele lucht, lucht een subtiel water, water een subtiele aarde en aarde een grof vuur.

Na deze metafysische uitspraken gaat Drebbel over tot meteorologische uiteenzettingen. Uitvoerig speculeert hij over de oorsprong van de wind, donder en bliksem. Door de verandering van lucht en water in respectievelijk de natuur van het vuur en de natuur van de lucht, ontstaat een voortdurende beweging terwijl het 'dun gemaakte' water in de koude atmosferische laag samengedrukt wordt en druppels vormt. Zo wordt een 'verklaring' gegeven van wind, wolken, nevel en regen. Drebbel illustreert dit met de volgende proef: '[W]y hanghen een ledighe glasen Retort met den mondt in een vat met water / ende met het rondt teghens een warm vyer / ghelijck dese Figuure wijst'.[45.] (Afb. IX) Door de hitte wordt de lucht grotendeels uit de retort verdreven wat te zien is aan het ontsnappen van luchtbellen door het water. Wordt het vuur verwijderd, dan komt er door de afkoeling water in de retort. Drebbel ziet hierin dus een aanschouwelijke voorstelling van het ontstaan van winden. Voor de verklaring van donder en bliksem is een nieuw beginsel nodig. Het luchtvormige water wordt in de koude bovenlaag afgekoeld en vergroft, daalt als een nevel neer maar wordt dan in de



IX. De 'retortproef' van Drebbel uit de 1668-editie van Een kort Tractaet.

warme laag weer in lucht omgezet en in één ogenblik vele honderden malen in volume vergroot 'waer uyt volght die grouwelijcke beweghenisse / welcke kraeckende ende barstende die lucht ontsteeckt / ende beweegt [...]'.[46.] Dit wordt geïllustreerd met het voorbeeld van salpeter: 'soo het lichaem des Salpeters gebroken ende ontbonden wordt / door die kracht der vyers / ende alsoo veranderdt in de natuyre des lochts'.

Het is deze zin, gekoppeld aan de retortproef, die voor Naber aanleiding is geweest te concluderen dat Drebbel hier de bereiding van zuurstof heeft beschreven.[47.] Het zal duidelijk zijn dat dit zeker niet het geval is. Drebbel heeft het over een plotseling, ontploffend gedrag van salpeter en niet over een langzame, geleidelijke ontwikkeling van gas. En in geen geval is er sprake van verhitting van salpeter in een retort. Wel verkondigt Drebbel het inzicht dat bij verhitting van salpeter een 'lucht' ontstaat. Maar we moeten dat lezen in de context van een meteorologische beschouwing, in het bijzonder voor de verklaring van donder en bliksem, en niet als een chemische opmerking. Natuurlijk wil dat niet zeggen dat Drebbbel geen zuurstof zou hebben verkregen uit salpeter, noch dat hij dit niet zou hebben gebruikt in zijn boot. Maar uit zijn verhandeling over de elementen volgt dat niet. Daar lezen we alleen de toepassing van een overigens al bekend feit, de ontploffing van salpeter (mogelijk bij het werpen op gloeiende kool) als verklaring van de donder en de bliksem. In feite schrijft Drebbel over zijn uitvindingen alleen in zijn dedicatie tot Jacobus I en daarin wordt niets gezegd over het salpeter.

Johann Rudolph Glauber (1604-1670)

Op 10 maart 1670 werd in de Westerkerk in Amsterdam de Duitse chemicus Johann Rudolph Glauber begraven. Glauber was in 1604 in Karlstadt in Frankenland aan de Main geboren. Hij was autodidact, die zijn grote kennis van chemie, farmacie, geologie, mineralogie en technologie door studie en eigen proefnemingen had verkregen. Hij maakte tal van reizen door Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland en verbleef niet minder dan zestien jaar in ons land.[48.] Het eerste verblijf van Glauber in Nederland was van 1640-1644.[49.] Hij woonde toen vrijwel steeds in Amsterdam op de Elandsgracht. In 1644 keerde Glauber naar Duitsland terug. Hij vestigde zich als apotheker in Giessen, maar werd door de Hessische Oorlog verdreven en vestigde zich tegen het eind van 1645 weer in Amsterdam. Daar bleef hij wonen tot na de vrede van Münster (1648) en ging toen weer terug naar zijn geboorteland.

Tijdens deze tweede verblijfsperiode in ons land verscheen in Amsterdam Glaubers meest invloedrijke werk: *Furni Novi Philosophici, oder Beschreibung einer Newerfundenen Distillir-Kunst* (vijf delen tussen 1646 en 1649). Hij huurde een 'bequem Hauß zum laboriren [...] nahme Knechte vnd Jungens an, ließ allerhandt klein vnd große Oefens bawen, setzte vnterschiedliche klein vnd grosse Blaßbälge, machte Wind- vnd Stichöfens, [...]'[50.], maar raakte spoedig in financiële problemen, kwam in aanraking met de rechterlijke macht en moest in 1650 Amsterdam verlaten.

Glauber keerde weer terug naar Duitsland, maar vestigde zich begin 1655 opnieuw in Amsterdam, nu voorgoed. Hij woonde op de Keizersgracht en vanaf 1660 aan de Looiersgracht en hield zich bezig met de fabricage van geneesmiddelen en chemicaliën. Volgens Samuel Sorbière, die hem in 1660 bezocht, had Glauber vier laborato-

riumruimten en vijf of zes medewerkers.[51.] Na 1662 ging de gezondheid van Glauber sterk achteruit, waarschijnlijk door vergiftiging door het langdurig inademen van kwikdampen of arseen- en antimoonverbindingen. Vanaf 1666 kwam hij praktisch niet meer van zijn ziekbed. Vier jaar later stierf hij. Aan zijn vriend Goossen van Vreeswyk, die Glaubers 'dood-kleed [...] selver, in presentie van andere geleerde Mannen, hebbe aangetrokken',[52.] werd dikwijls de vraag gesteld; '[H]eeft hy ook veel rijkdom ofte groote heerlijkheden, voor sijn Vrou en Kinderen, na-gelaten?'. Het antwoord is duidelijk: de rijkdom die Glauber heeft nagelaten is in zijn geschriften te vinden, 'en dit moet ons genoeg zijn, in desen tijd daar wy in leven'.[53.]

Hoewel Glauber in alchemie geloofde, was hij in de eerste plaats een technisch-chemicus, op wiens naam een groot aantal praktische ontdekkingen staan. In zijn *Furni Novi Philosophici* wordt uitvoerig de technische bereiding in grote opbrengst van de minerale zuren beschreven: zwavelzuur (oleum acidum vitrioli), rokend salpeterzuur (spiritus nitri fumans) en zoutzuur (spiritus salis). Zwavelzuur bereidt hij door droge destillatie van aluin en van groene vitriool (ijzersulfaat) en direct door verbranding van zwavel; salpeterzuur door langzame destillatie van aluin en salpeter en uit salpeter en zwavelzuur; zoutzuur (geest van zout) door verbranden van in zout gedrenkte houtskool of uit een mengsel van keukenzout en groene vitriool op gloeiende houtskool. De beste methode is de door hem in 1658 gevonden en geheim gehouden inwerking van vitrioololie op keukenzout. Het daarbij ontstane natriumsulfaat draagt noch steeds de naam 'sal mirabile Glauberi'. Het zijn allemaal droge destillaties, die zeker geen hoge opbrengst zullen hebben gehad. Ook organische natuurstoffen onderwierp Glauber aan droge destillatie en verkreeg daaruit tal van verbindingen die pas in de vorige eeuw konden worden geïdentificeerd. Zo gaf droge destillatie van hout houtazijn, van vette oliën acroleïne, van steenkool phenol en benzeen, enz. Destillatie van geconcentreerde oplossingen van lood- en zinkacetaat leverde een 'spiritus' op (aceton); uit wijngeest (alcohol), dat met gecalcineerde wijnsteen (K_2CO_3) ontwaterd was, werd met zoutzuur of een geconcentreerde oplossing van zinkchloride een 'liebliches klares Oleum Vini' verkregen, waarschijnlijk ethylchoride.

Op het gebied van de analytische scheikunde paste Glauber het neerslaan van metalen door ammoniak of kaliumcarbonaatoplossing toe en kende hij de oplosbaarheid van zilverchloride in, respectievelijk de blauwkleuring van koperzouten door ammoniak. Bij het neutraliseren van potas- en sodaoplossingen door toevoeging van zoutzuur gebruikte hij het ophouden van de gasontwikkeling als 'indicator'.

Interessant is Glaubers beschrijving van het zogenaamde goudpurper van Cassius, zo genoemd naar de in Leiden gepromoveerde Hamburgse geneeskundige Andreas Cassius, wiens zoon, ook Andreas geheten (een arts in Lübeck) het in 1685 beschreef. Glauber beschreef de stof echter al in zijn *Des Teutschlandts Wohlfahrt* (1659).[54.] Hij verkreeg het uit een oplossing van 'Ealcem Solis' (goudoxyde) in geconcentreerd zoutzuur en een stukje tin. Het gaat hier om de redoxrectie in een zwak zure oplossing van goud(III)chloride met een tin(II)zout. Het gevormde Sn^{4+} geeft tinoxydehydraat, dat colloïdaal in oplossing blijft, evenals het gevormde goud. Beide colloïden adsorberen elkaar wederzijds onder vorming van de purperkleurige sol.

Glauber leefde in een eeuw van oorlogen. De Dertigjarige Oorlog verarmde grote delen van Duitsland. Een van Glaubers wensen was de toepassing van de scheikunde in de oorlogsvoering om daarmee een einde aan de verkwistende conflicten te maken.

Het is merkwaardig bij deze man een oprecht streven aan te treffen om vrede te brengen door toenemend geweld. Glaubers grootste verdiensten liggen in zijn praktische beoordeling van de technologische problemen van zijn tijd. Tot de scheikundige theorievorming heeft hij vrijwel niets bijgedragen en hij bleef aanhanger van de alchemistische en paracelsistische theorieën. In 1668, tijdens zijn laatste ziekte, besloot Glauber zijn laboratorium op te ruimen. In een catalogus *Glauberus concentratus, oder Laboratorium Glauberianum* bood hij zijn instrumenten en chemicaliën te koop aan.[55.] Opvallend groot is het aantal ovens waarover Glauber beschikte. Naast de gebruikelijke typen, bezat hij ook ovens voor speciale doeleinden, waaronder 'ein sonderlicher Schmeltz-Ofen' om geel koper zodanig te behandelen dat het zelfs door de Amsterdamse lucht niet meer zwart aanliep![56.]

Eindnoten:

1. J.F.M. Jaeger, 'David van Goorle als atomist, en over het geslacht van Goorle in Noord-Nederland', *Oud-Holland* 36(1918)205-242 en *Historische Studiën* (Groningen, Den Haag, 1918), pp. 51-98. Zie voorts: R. Hooykaas, 'Het ontstaan der chemische atoomleer', *Tijdschrift voor Philosophie* 9(1947)63-135; A.G.M. van Melsen, 'De betekenis der wijsgerige corpuscula-theorieën voor het ontstaan der chemische atoomleer', *idem* 10(1948)673-716 en R. Hooykaas, 'Elementenlehre und Atomistik im 17. Jahrhundert'. In: *Die Entfaltung der Wissenschaft* (Hamburg, 1957), pp. 47-65
2. Zie: R. Hooykaas, 'Science and religion in the seventeenth century: Isaac Beeckman, 1588-1637', *Free University Quarterly* 1(1951)169-183 en K. van Berkel, *Isaac Beeckman (1588-1637) en de mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam, 1983), pp. 166-171
3. R. Hooykaas, *Het begrip element in zijn historisch-wijsgeerige ontwikkeling.* Dissertatie Utrecht 1933 (Utrecht, 1933), pp. 148-154
4. I. Newton, *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light* (Londen, 1704; herdruk New York, 1952), p. 400
5. H.A.M. Snelders, 'Iatrochemie und Iatrophysik in den Niederlanden im 17. und 18. Jahrhundert', *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* 1981/39(T 41), pp. 44-54
6. E.D. Baumann, *François dele Boë Sylvius* (Leiden, 1949)
7. H. Beukers, 'Het laboratorium van Sylvius', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Wiskunde, Natuurwetenschapoen en Techniek* 3(1980)28-36 en 'Mechanistische principes bij Franciscus dele Boë, Sylvius', *idem* 5(1982)6-15
8. J.B. van Helmont, *Dageraad, ofte Nieuwe Opkomst der Geneeskonst, in verborgen grondregulen der nature* (Rotterdam, 1660), p. 39
9. *Idem*, p. 43
10. E. Bloch, 'Die chemischen Theorien bei Descartes und den Cartesianern', *Isis* 1(1913-1914)590-636
11. C.L. Thyssen-Schoute, *Nederlands Cartesianisme* (Amsterdam, 1954): K. van Berkel, 'Descartes in debat met Voetius. De mislukte introductie van het Cartesianisme aan de Utrechtse Universiteit (1639-1645)', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Wiskunde, Natuurwetenschappen en Techniek* 7(1984)4-18
12. A.M. Luyendijk-Elshout, 'Oeconomia Animales, Pores and Particles'. In: *Leiden University in the Seventeenth Century. An Exchange of Learning* (Leiden, 1975), pp. 295-307
13. M. Boas, 'Acid and alkali in seventeenth century chemistry', *Archives internationales d'histoire des sciences* 9(1956)13-29
14. P.C. Molhuysen, *Bronnen tot de geschiedenis der Leidse Universiteit* ('s-Gravenhage, 1918), deel III, p. 197. Zie: H.A.M. Snelders, 'Chemistry at the Dutch Universities: 1669-1900', *Academiae Analecta. Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letterkunde en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen* 48(1986), no.4, pp. 59-75
15. Molhuysen, deel III, p. 217. Zie: W.P. Jorissen, *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium der Universiteit te Leiden van 1859-1909 en de chemische laboratoria dier universiteit*

vóór dat tijdvak en hen die er in doceerden (Leiden, 1909) en 'Het eerste chemische laboratorium der Leidsche universiteit', *Chemisch Weekblad* 16(1919)1054-1060; J.W. van Spronsen, 'The beginning of chemistry'. In: *Leiden University in the seventeenth Century. An Exchange of Learning* (Leiden, 1975), pp. 328-343; J. Heniger en J.W. van Spronsen, 'Driehonderd jaar scheikunde in Leiden', *Chemisch Weekblad* 32(1969)17-27
16. G.W. Kernkamp, *Acta en decreta Senatus. Vroedschapsresolutieën en andere bescheiden betreffende de Utrechtsche Academie* (Utrecht, 1936-1940), deel I, p. 478
17. P.C. Molhuysen, *Bronnen tot de geschiedenis der Leidsche Universiteit*, deel III, pp. 227-228
18. P.C. Molhuysen, *Bronnen tot de geschiedenis der Leidsche Universiteit* ('s-Gravenhage, 1920), deel IV, p. 72
19. G.W. Kernkamp, *Acta et decreta Senatus*, deel II, p. 150. Zie: O. Hannaway, 'Johann Conrad Barchusen (1666-1723). Contemporary and rival of Boerhaave', *Ambix* 14(1967)96-111; G.A. Lindeboom, 'Barchusen and Boerhaave', *Janus* 57(1970)30-41 en 'Barchusen, rivaal van Boerhaave?', *Chemisch Weekbblad* 67(1971)10-12; G. Jüttner, 'Ein "Pharmacopoeus spagyricus": Johann Conrad Barkhausen (1666-1723) und die Pharmazie'. In: *Perspektiven der Pharmaziegeschichte. Festschrift für Rudolf Schmitz zum 65. Geburtstag*. Herausgegeben von Peter Dilg (Graz, 1983), pp. 147-164. Zie ook: E. Cohen, 'De chemie te Utrecht in den loop der eeuwen', *Chemisch Weekblad* 38(1941)299-307, 314-320,570-574
20. J.J. Meinsma, 'Het scheikundig onderwijs van Frieslands Hogeschool te Franeker (1585-1843)', *De Vrije Fries* 48(1968)30-52; F.M. Jaeger, 'Driehonderd jaren chemisch onderwijs aan de Groningsche Universiteit'. In: *Historische Studiën* (Groningen, Den Haag, 1919), pp. 198-227; J.J. Meinsma, 'Het scheikundig onderwijs van de Gelderse Hogeschool (1648-1811) en Rijksathenaeum (1815-1818) te Harderwijk', *Scientiarum Historia* 4(1972)201-216; J.J. Meinsma, 'Het chemisch en pharmaceutisch onderwijs van het Deventer Athenaeum Illustre', *Verslagen en Mededelingen Vereeniging tot Beoefening van Overijsselsch Regt en Geschiedenis* 85(1970)186-197; W.P. Jorissen,' Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum Illustre te Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning', *Chemisch Weekblad* 8(1911)501-538
21. G.A. Lindeboom, 'David en Nicolaas Stam, apothekers te Leiden', *Pharmaceutisch Weekblad* 108(1973)153-160
22. L. Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (New York, Londen, 1958), deel VIII, p. 145
23. J.C. Barchusen, *Pyrosophia* (Leiden, 1698), pp. 455-457 en *Elementa Chemiae* (Leiden, 1718), pp. 106-110. Zie: O. Hannaway, *Ambix* 14(1967)106-110
24. H. Beukers, 'Het laboratorium van Sylvius', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Wiskunde, Natuurwetenschappen en Techniek* 3(1980)28-36 en Th.H. Lunsingh Scheurleer, C. Willemijn Fock en A.J. van Dissel, *Het Rapenburg. Geschiedenis van een Leidse gracht* (Leiden, 1988), deel IIIa, pp. 278-295. ['Boedelinventaris van François de le Boe Sylvius' op pp. 335-342]
25. P.C. Molhuysen, *Bronnen tot de geschiedenis der Leidsche Universiteit*, deel IV, pp. 23*-24*. Voor de inventaris van het laboratorium dat Boerhaave op 8 november 1718 overnam, zie *idem* 151*-152*
26. Z.S. von Uffenbach, *Merkwürdige Reisen durch Niedersachsen Holland und Engelland* (Ulm, 1753-1754), deel III, pp.454-455
27. Van dit boek verzorgde de Amsterdamse doctor medicinae Jacobus Roman een Nederlandse vertaling: *Chymia Medico-Physica. Dat is, Genees- en Natuurkundige Schei-Konst. In Ondervindingen voorgestelt, door Redenen bevestigt* (Amsterdam, 1696)
28. E. Homburg, 'De "Gouden Eeuw" van de Nederlandse chemische industrie', *Chemisch Magazine*, mei 1989, pp. 311-314
29. R.J. Forbes, *Short History of the Art of Distillation from the beginning up to the death of Cellier Blumenthal* (Leiden, 1948), pp. 105, 159-161
30. J.J. Blanksma, 'Over kwik, kwikoxyden, kwiksulfiden, cinnaber en vermiljoen'. *Chemisch Weekblad* 44(1948)456-464
31. H.G.Th. Frencken, *T Bouck va Wondre 1513*. Dissertatie Leiden 1934 (Roermond, 1934), p. 128
32. W.P. Jorissen, 'Hermannus Follinus en de wet van het behoud der elementen', *Chemisch Weekblad* 11(1914)822-826 en 'Hermannus Follinus', *idem*, 16(1919)947-951
33. W.L.J. de Nie, *De ontwikkeling der Noord-Nederlandsche Textielververij van de veertiende tot de achttiende eeuw*. Dissertatie Leiden 1937 (Leiden, 1937), pp. 168-177
34. R. Bijlsma, 'De Zuidnederlandsche immigranten en de manufactuurververij in Oud-Rotterdam (17e eeuw)', *Rotterdamsch Jaarboekje* (2)3(1915)42-45 en H.C. Hazewinkel, 'De opkomst van drie nieuwe industrieën in XVIIde-eeuwsch Rotterdam', *idem* (4)2(1934)65-85
35. F.A.A. Eversmann, *Technologische Bemerkungen auf einer Reise durch Holland* (Freyberg en Annaberg, 1792)
36. C. van der Woude, *Kronyk van Alckmaar* ('s-Gravenhage, 1746), p. 99 [eerste druk: 1645]
37. *Idem*, p. 100
38. *Idem*, pp. 100-101
39. *Idem*, p. 102

40. H.A. Naber, ‘Cornelis Jacobsz. Drebbel 1572-1634’, *Oud-Holland* 22(1904)195-237; *De ster van 1572* (Amsterdam, z.j. [= 1905]) en ‘Drebbel’, *Tijdschrift voor Geschiedenis* 39(1924)73-76
41. F.M. Jaeger, *Cornelis Drebbel en zijne Tijdgenooten* (Groningen, 1932)
42. G. Tierie, *Cornelis Drebbel (1572-1633).* Dissertatie Leiden 1932 (Amsterdam, 1932). Zie: H.A.M. Snelders, ‘Alkmaarse natuurwetenschappers uit de 17e en 18e eeuw’. In: *Alkmaarse Historische Reeks* (Zutphen, 1980), deel IV, pp. 101-122
43. C. Drebbel, *Een kort Tractaet van de Natuere der Elementen, ende, hoe sy veroorsaecken, den wint, regen, blixem, donder, ende waeromme dienstich zijn* (Haarlem, 1621), p. 7
44. *Idem*, pp. 12-13
45. *Idem*, p. 23
46. *Idem*, p. 32
47. H.A. Naber, ‘De zuurstof en Cornelis Drebbel’, *Chemisch Weekblad* 21(1924)424-426; Ch.M. van Deventer, ‘Cornelis Drebbel over de ontploffing van salpeter’, *idem* 21(1924)405-406 en 467-468. Tierie meende dat Drebbel zuurstof heeft ontdekt door verhitting van salpeter (*Cornelis Drebbel*, 1932, pp. 65, 114); Jaeger ontkent dat Drebbel zuurstof zou hebben gemaakt (*Cornelis Drebbel en zijne Tijdgenooten*, 1932, pp. 59 e.v.)
48. E. Pietsch, *Johann Rudolph Glauber. Der Mensch, sein Werk und seine Zeit* (München, Düsseldorf, 1956); W. Brieger, ‘Verdere bijdragen tot de levensgeschiedenis van Johann Rudolph Glauber’, *Chemisch Weekblad* 15(1918)984-987
49. W.P. Jorissen, ‘Iets over Glauber's Amsterdamschen Tijd’, *Chemisch Weekblad* 15(1918)268-271 en ‘Johann Rudolph Glauber (1604-1670)’, *idem* 51(1955)69-70; D.A. Wittop Koning, ‘J.R. Glauber in Amsterdam’, *Jaarboek van het Genootschap Amstelodamum* 44(1950)1-6
50. J.R. Glauber, *De tribus Lapidibus Ignium Secretorum, oder Von den drey Alleredelsten Gesteinen* (Amsterdam, 1668), pp. 9 e.v. Citeert naar Pietsch, p. 18
51. P.J. Blok, ‘Drie Brieven van Samuel Sorbière over den Toestand van Holland in 1660’, *Bijdragen en Mededeelingen van het Historisch Genootschap* 22(1901)48-89 (81). (‘Nous trouvasmes Glauber dans un de ses laboratoires. Car il n'en a pas moins de quatre sur le derrière d'une grande maison, qui paroist estre de quatre ou cinq sens escus de loüage. Il y occupoit cinq ou six hommes, et nous remarquasmes qu'il avoit bon nombre d'enfans’.)
52. Goossen van Vreeswyk, *Silvere Rivier, ofte Konings Fontein* ('s-Gravenhage, 1684), p. 117
53. *Idem*, p. 118
54. W.P. Jorissen en J. Postma, ‘Johann Rudolph Glauber, Andreas Cassius en het “purper van Cassius”’, *Chemisch Weekblad* 24(1927)30-33
55. *Glauberus concentratus Oder Kern der Glauberischen Schrifftten* (Leipzig, Breslau, 1715), pp. 701-717
56. *Idem*, p. 704

IV. Van flogistontheorie naar Lavoisiers zuurstofleer

Inleiding: affiniteitstabellen en flogistontheorie

In de scheikunde van de achttiende eeuw stonden centraal het probleem van de natuur van de verbranding en het vraagstuk van de krachten die de chemische verbindingen samenhouden. De experimentele richting in de scheikunde van de achttiende eeuw leidde tot affiniteitstabellen, maar het was ook de praktische ervaring van de erts- en muntessayeurs en de salpeter- en aluinzieders die tot verbrandingstheorieën voerde. Beide richtingen monden tegen het einde van de eeuw uit in de zuurstofscheikunde van de Fransman Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

De affiniteitsleer ging uit van het adagium: 'similia similibus', het gelijke trekt het gelijke aan. De scheikundige affiniteit tussen twee stoffen, die meestal uit de praktijk bekend was, wees op een overeenkomstig bestanddeel in de beide reagerende verbindingen. Water lost zouten op omdat deze ook water bevatten.

Met de opgestelde affiniteits- of verwantschapstabellen had men een methode om reactiemogelijkheden af te lezen tussen een groot aantal chemische verbindingen, hetgeen van groot belang was voor de technische scheikunde van die tijd. De eerste affiniteitstabel werd in 1718 gepubliceerd door de Parijse hoogleraar in chemie en geneeskunde Etienne-François Geoffroy (1672-1731); het hoogtepunt vonden ze vanaf 1780 in het werk van de Zweed Torbern Bergman (1734-1784).

Geoffroy's 'Table des differents Rapports observés en Chimie entre differentes substances'[1.], bestond uit zestien kolommen. (Afb. X) In de bovenste horizontale rij staan zestien stoffen, die ieder met de eronder staande kunnen reageren. Zo zien we in de eerste kolom met als hoofd het algemene teken voor zuren, achtereenvolgens de vaste alkalizouten (natrium- en kaliumzouten), de vluchtige alkalizouten (ammoniumzouten), de absorbeerbare aarden (aardalkalicarbonaten, aluminiumoxyde, enz.) en de metalen. Deze volgorde is zodanig, 'dat degene die het dichtst bij [de bovenste stof] staat de grootste affiniteit voor die stof heeft en niet kan worden verdrongen door een van de stoffen er beneden, maar dat het ieder van de lagere kan verwijderen wanneer ze gebonden zijn aan de stof'. Met andere woorden, we hebben in iedere kolom van boven naar beneden een afnemende affiniteit ten opzichte van de stof aan het hoofd van de kolom. 'Door deze tabel kunnen diegenen die begonnen zijn de chemie te leren zich in een korte tijd een voldoende idee vormen van de affiniteiten welke tussen verschillende stoffen bestaan, en de chemici zullen er een gemakkelijke methode in vinden om te bepalen wat er plaats vindt in veel van hun reacties, welke moeilijk zijn te ontwarren en te voorspellen wat er zal gebeuren wanneer ze twee verschillende stoffen mengen'.

GEOFFROIS TAFEL van de VERSCHILLENDE BETREKKINGEN,
in de onderscheidene zelfstandigheden waergenomen.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.
↝	>⊖	>⦶	>⊕	▽	⊖v	⊖^	MS	🜍	☿	♄	♀	☽	♂	♔	▽
⊖v	♃	♂	🜍	>⊕	>⊕	>⊕	>⊖	⊖v	☉	☽	☿	♄	♔	♂	V
⊖^	♔	♀	⊖v	>⦶	>⦶	>⦶	>⊕	♂	☽	♀	LC	♀	☽ ♀ ♄	☽ ♀ ♄	⊖
▽	♀	♄	⊖^	>⊖	>⊖	>⊖	>⦶	♀	♄						
MS	☽	☿	▽		+		+	♄	♀						
	☿	☽	♂		🜍			☽	Z						
			♀					♔	♔						
			☽					☿							
	☉							☉							

Verklaring der Teekenen.

↝ Zure Geesten.
>⊖ Zee-zoutzuur.
>⦶ Salpeter-zuur.
>⊕ Vitriool-zuur.
⊖v Vast Alkalisch Zout.
⊖^ Vlugtig Alkalisch Zout.
▽ Opslurpende Aarde.
MS Metaalstoffen.
☿ Merkurius.
♔ Spiesglaskoningskens.
☉ Goudt.
☽ Zilver.
♀ Koper.
♂ Yzer.
♄ Loodt.
♃ Tin.
Z Zink.
LC Kalamintsteen.
🜍 Zwavel.
🜍 Brandstof.
+ Azyngeest.
▽ Water.
⊖ Zout.
V Wyngeest en Brandende geesten.

X. Affiniteitstabel van E.F. Geoffroy (1718) in P.J. Macquer, Grondbeginsels der bespiegelende scheikunde *(1773)*.

Geoffroy sprak van ‘differents Rapports’, verschillende betrekkingen tussen scheikundige stoffen. Bewust wilde hij niet de woorden affiniteit en aantrekking gebruiken, omdat beide voor hem te beladen waren. Affiniteit of verwantschap herinnerde aan de sinds de Oudheid voorkomende animistische opvatting van liefde en haat, sympathie en antipathie, ja zelfs geslachtelijke aantrekking tussen de reagerende stoffen, terwijl aantrekking wees op corpusculaire verklaringen die sinds de zeventiende eeuw (Boyle, Newton) in gebruik waren gekomen. Geoffroy liet daarom in het midden wat affiniteit is en sprak steeds over ‘rapport’, verhouding, zonder hier overigens iets kwantitatiefs aan te verbinden. Zijn affiniteitstabel is typisch voor de achttiende-eeuwse klassificatietendens in de natuurwetenschappen. We vinden dan ook na Geoffroy een groot aantal van dergelijke tabellen. Steeds probeerde men

orde te scheppen in het door de zintuigen verkregen chemisch feitenmateriaal. De tabellen werden intensief gebruikt om het verloop van chemische reacties te voorspellen, terwijl theoretische bespiegelingen ontbraken.

Het probleem van de invloed van de temperatuur en van de toestand van de reagerende stoffen leidde daarbij tot steeds meer verschillende affiniteitstabellen die voor ieder praktisch geval werden opgesteld. Pas in 1799 onderkende de Franse chemicus Claude-Louis Berthollet (1748-1822) de invloed van de massa: de richting waarin een chemische reactie verloopt is afhankelijk van twee factoren, de affiniteit en de massa. De laatste kan zo groot zijn dat ze de invloed van de affiniteiten kan overwinnen.

In Frankrijk bleef de oorspronkelijke affiniteitstabel van Geoffroy nog lang in gebruik. Ze werd in 1749 gereproduceerd in de *Élémens de Chimie Théorique* van de Parijse medicus en chemicus Pierre Joseph Macquer.[2.] In 1773 verscheen het werk van Macquer in Nederlandse vertaling als *Grondbeginsels der bespiegelende scheikunde*, met als eerste plaat: 'Geoffrois Tafel van de verschillende betrekkingen, in de onderscheidene zelfstandigheden waergenomen'. De onbekende vertaler is vol lof over het werk van Geoffroy: 'Wij gelooven, met dezen grooten man, dat deze Tafel zeer nuttig is voor hun, die de Scheikunde beginnen te leeren, om zich een juist denkbeeldt van de betrekking, welke de verschillende zelfstandigheden met elkanderen hebben, te vormen; en dat de Scheikundigen 'er eene gemakkelijke manier in zullen vinden, ter ontdekkinge van het geene in verscheidene hunner bewerkingen moeijelijk te ontwikkelen is, zoo wel als van het geene 'er moet ontstaen uit de vermengingen, welke zij uit de verschillende gemengde ligchamen maken'.[3.]

De tabel is exact gelijk aan die van Geoffroy uit 1718, maar in de verklaring wordt opgemerkt dat dit gedaan is omdat veel van de nieuw ontdekte affiniteiten niet voldoende bevestigd zijn èn omdat de oorspronkelijke tabel, door zijn beknopte vorm, beter in een boek over de beginselen van de scheikunde kan worden afgebeeld. In de tekst worden verschillende van de nieuwe ontdekkingen uitvoerig besproken, kennelijk naar aanleiding van de tien jaar eerder, in 1763, verschenen affiniteitstabel in het platendeel van de *Encyclopédie, ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers* van Denis Diderot en Jean d'Alembert, welke eveneens op die van Geoffroy was gebaseerd, maar aangevuld met een aantal nieuwe chemische verbindingen.

De belangstelling in ons land voor affiniteitstabellen blijkt o.a. uit een uit het Duits vertaalde bewerking door de Rotterdamse medicus en scheikundige Hendrik Willem Rouppe (1765-1815) van C. Hoffmanns *Viertal scheikundige tafelen van de bestaandeelen en onderscheidene hoeveelheden derzelver, uit welke de voornaamste middenzouten zamengesteld zijn, volgens de waarnemingen van Bergman, Kirwan, Wiegleb, Wenzel en andere Scheikundigen; benevens de oplosbaarheid der zouten zoowel in water als wijngeest. en de eigenaardige zwaarte der ligchaamen* uit 1793. Mogelijk had Rouppe dit boek vertaald in verband met zijn scheikundige lessen voor het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte, waarvan hij van 1793 tot 1796 lector was.

In het begin van de achttiende eeuw stelde Georg Ernst Stahl (1659-1734), hoogleraar geneeskunde aan de Universiteit van Halle waar hij ook scheikunde doceerde, een theorie op over de natuur van de verbranding. Stahl ontleende zijn flogistontheorie aan Johann Joachim Becher, die in zijn *Physica subterranea* (1669) aannam dat alle stoffen zijn opgebouwd uit aarde, water en lucht. Er zijn drie soorten aarde:

smeltbare of eerste aarde (steen- of glasachtige aarde), terra pinguis of tweede aarde (vette of brandbare aarde) en mercuriale of derde aarde die metalen hun bijzonder karakter geeft. Bij verbranding van een stof ontwijkt volgens Becher de vette of brandbare aarde.

Stahl stelde in 1697 de flogistontheorie op, die net als de zwavel-kwik theorie van de middeleeuwse alchemisten en de tria prima theorie (zwavel, kwik en zout) van Paracelsus, met kwaliteitsdragers werkte. In alle brandbare stoffen zit een brandbaarheidsbeginsel, het flogiston, een onzichtbare, nooit in de natuur aangetroffen en uiterst subtiele materie. Bij verbranding ontwijkt het flogiston uit de brandbare stof onder licht- en vuurverschijnselen. Een metaal geeft daarbij een metaalkalk (later metaaloxyde genoemd) en een niet-metaal een zuur (of beter een zuurvormend oxyde). Behalve verbrandingsverschijnselen kon Stahl met zijn theorie ook ademhaling, rotting en gisting verklaren.

De flogistontheorie was een algemene theorie, die bovendien logisch was. Als verbranding (oxydatie) het ontwijken van flogiston is, dan moet reductie het opnemen van flogiston zijn. De praktijk leerde dat een metaalkalk met houtskool het metaal teruggaf, waaruit de conclusie werd getrokken dat koolstof vrijwel zuiver flogiston is. (Het tevens gevormde koolmonoxyde werd niet waargenomen.)

Met de flogistontheorie waren alle chemische verschijnselen te verklaren zolang men geen waarde toekende aan gewichtsveranderingen: zink wordt bij verhitting zwaarder en niet lichter, ondanks het feit dat er flogiston ontwijkt. Voorlopig was dat geen groot probleem (zink wordt bij verhitting weliswaar zwaarder, maar kalksteen juist lichter). Maar dat werd het wel na het midden van de achttiende eeuw toen men de verschillende gassen wist te isoleren en te identificeren. Men realiseerde zich steeds meer dat voor verbranding lucht nodig is, waarbij de verbranding in een gesloten vat slechts een bepaalde tijd voortduurde. De resterende ‘lucht’ onderhield de verbranding niet.

Hoe kwam Stahl tot zijn theorie?

Stahl had grote belangstelling voor chemische processen en was niet tevreden met alleen empirische kennis. Hij vroeg zich af wat er bij de ertsverwerking, de ververij, de salpeterbereiding, de bier- en de wijnbereiding eigenlijk gebeurt. Hij liet zijn studenten onderzoeken hoe men de metaalopbrengst uit ertsen kon verhogen. Het probleem was de rol van de houtskool die werd toegevoegd. De ervaring in de metaalsmelterijen en tingieterijen leerde dat bij het smelten van ertsen en de reductie van de metaalkalken houtskool een bepaalde en essentiële rol speelde. De practici uit die tijd meenden dat voor die processen zulke hoge temperaturen nodig zijn als alleen door de houtskool kan worden geleverd, terwijl deze houtskool tevens het gesmolten metaal bescherming biedt voor de trektocht in de ovens (met als gevolg weer oxydatie). Stahl meende dat de koolstof een materiële bijdrage aan het proces van de metaalvorming leverde. Er wordt bij het smelten van ertsen en de reductie van metaalkalken iets materieëls toegevoegd, namelijk een bepaald bestanddeel van de houtskool, dat immers volledig in het proces verdwijnt. Dat bestanddeel zit ook in pek, olie en dergelijke stoffen en Stahl noemde het flogiston naar het Griekse woord phlox (vlam).[4.]

Stahls eerste onderzoekingen leidden dus tot een interpretatie van het reductieproces als een chemisch proces waarin het flogiston zich met de metaalkalk verenigt en

het metaal wordt teruggekregen. Dit impliceerde dat het metaal een verbinding is, een samengestelde stof (mixta) van metaalkalk en flogiston. Bij verhitting van metalen ontwijkt dus het flogiston.

Stahl interpreteerde dit proces corpusculair. Bij de verbranding ontwijken de loslatende flogistondeeltjes in de lucht, ze brengen de luchtdeeltjes in een snelle wervelbeweging hetgeen zich uit in hitte, warmte of vlammen.

De flogistontheorie was een algemeen aanvaarde theorie, die pas in de tweede helft van de achttiende eeuw op experimentele gronden werd verlaten. Hoe werd ze in ons land ontvangen?

Herman Boerhaave (1668-1732)

In 1702, in hetzelfde jaar waarin Le Mort in Leiden gewoon hoogleraar in de chemie en medicijnen was geworden, begon de lector medicinae Herman Boerhaave (1668-1732) op verzoek van buitenlandse, waarschijnlijk Engelse studenten, private colleges in de scheikunde te geven. In de zomer, als de studenten in de hortus botanicus de planten bestudeerden, gaf hij theoretische colleges en in de winter praktische colleges. Hij deed dit met zoveel succes dat de studenten van Le Mort naar hèm toegingen. Zijn colleges werden opgetekend, overgeschreven en gepubliceerd door studenten zonder zijn toestemming. In 1724 verschenen ze als *Institutiones et Experimenta Chemiae*, gevolgd door andere edities en een Engelse vertaling (1727). In 1732 verscheen Boerhaaves eigen *Elementa Chemiae* met in ieder exemplaar een getekende verklaring als garantie van echtheid.[5.]

In 1718 werd Boerhaave als opvolger van Le Mort tot hoogleraar in de scheikunde benoemd. In zijn autobiografische aantekeningen noteerde hij dat hij zich dag en nacht met de chemie had beziggehouden. ‘Chemiam dies noctesque exercuit’.[6.]

Boerhaave was het niet eens met de opvatting van de iatrochemici dat het mogelijk zou zijn de processen die in het menselijk lichaam plaatsvinden, zowel in gezonde als zieke toestand, te verklaren met alleen chemische beginselen. In zijn inaugurele oratie: *De usu ratiocinii Mechanici in Medicina* (Over het nut van de mechanistische methode in de geneeskunde; 24 september 1703) en in zijn rede: *De chemia suos errores expurgante* (Over de manier waarop de chemie haar eigen dwalingen verbetert; 21 september 1718)[7.] verwierp Boerhaave resoluut de iatrochemische ideeën. De iatrochemici maken geen onderscheid tussen wat in de ovens van de scheikundigen gebeurt en wat in het menselijk lichaam. Daardoor maken zij ook geen onderscheid tussen de werkingen in de natuur en de werkingen van de kunst. Boerhaave wilde de iatromechanica of iatrofysica als methode in de geneeskunde toepassen. De functies van het levende organisme worden daarin verklaard met de beginselen uit de mechanica. ‘De mechanica is voor de geneeskunde van buitengewoon belang en ten enenmale onontbeerlijk’.[8.] Dat wil echter niet zeggen dat Boerhaave niet overtuigd was van het belang van de scheikunde voor de geneeskunde. De chemie is niet alleen een hulpwetenschap voor de geneeskunde, maar een zelfstandige en wel een ervaringswetenschap. Ze stelt de geneeskunde in staat over een grote hoeveelheid waarnemingen en over uitstekende waarnemingsmethoden te beschikken. ‘De scheikunde is derhalve volstrekt onmisbaar voor de medische wetenschap, daar zij haar de be-

ELEMENTA
CHEMIAE,
QUAE
ANNIVERSARIO LABORE DOCUIT,
IN PUBLICIS, PRIVATISQUE,
SCHOLIS,
HERMANNUS BOERHAAVE.
TOMUS PRIMUS.
QUI CONTINET HISTORIAM ET ARTIS THEORIAM.
CUM TABULIS AENEIS.



LUGDUNI BATAVORUM,
Apud ISAACUM SEVERINUM.
M. D. CCXXXII.

XI. Titelblad van de Elementa Chemiae *(1732) van de Leidse hoogleraar Herman Boerhaave*.

schikking geeft over een uitgebreide reeks van waarnemingen en de beste waarnemingsmethoden aan de hand doet. De chemie kan dus wel gegevens verschaffen en de voorwaarden, waaronder deze verkregen zijn, duidelijk omschrijven, maar in geen geval is zij in staat, vaste regels te geven, volgens welke uit die gegevens verdere conclusies getrokken kunnen worden. Maar zelfs als dit wel het geval zou zijn, ook dan nog was de hoogmoed van hen misplaatst, die er zich maar steeds dwaas op beroemen, alleen door de beoefening van de scheikunde de gehele schat van de medische wetenschap in bezit te hebben!'.[9.]

Boerhaave was alleen geïnteresseerd in onderzoek dat geheel op de waarneming is gebaseerd, waarin men volledig doordrongen is van het belang van experimenteren, en waarin men geen aprioristische uitspraken doet. Hij toonde zich daarin een aanhanger van de experimentele methode van Boyle en Newton. Zijn drukke praktijk als geneesheer stelde hem echter nauwelijks in staat zelf chemisch onderzoek te doen.

Met zijn tweedelige *Elementa Chemiae* (1732) oefende Boerhaave een grote invloed uit op de beoefening van de scheikunde in ons land.[10.] (Afb. XI) In het boek gaf hij een praktische definitie van de scheikunde. 'Chemia est ars docens exercere certas physicas operationes.... De scheikunde is een kunst, die ons leert bepaalde natuurkundige bewerkingen uit te voeren, waardoor stoffen, die voor de zintuigen waarneembaar of waarneembaar te maken zijn, en in vaten kunnen worden opgesloten, door daartoe geschikte hulpmiddelen zo veranderd kunnen worden, dat daardoor afzonderlijk bepaalde uitwerkingen teweeggebracht kunnen worden, en de oorzaken van die effecten begrepen worden door die effecten zelf, tot de veelvuldige vooruitgang van verschillende kunsten'.[11.]

De scheikunde heeft dus een praktische toepassing; ze staat in dienst van andere wetenschappen. Verklaringen van chemische processen moeten op een fysische theorie berusten, dat wil zeggen op corpusculair-mechanistische voorstellingen met name die van Boyle die Boerhaave in zijn studententijd van zijn leermeesters Wolferd Senguerd (1646-1724) en Burchard de Volder (1643-1709) had leren kennen.

Boerhaave nam de vier aristotelische elementen aarde, water, lucht en vuur aan als de vier fysische instrumenten van de chemische analyse. Voorts gebruikte hij een warmtestof, 'materia ignis', die door de gehele ruimte gelijkmatig verdeeld is en uit kleine ronde gladde en elastische atomen bestaat, die in onophoudelijke beweging zijn en tussen de poriën van alle stoffen kunnen dringen.[12.] Veel chemici uit Boerhaaves tijd, waaronder Boyle en Nicolas Lemery, waren van mening dat de weegbare vuurmaterie of warmtestof zich bij verhitting met de lichamen verenigt en zo hun gewicht deed toenemen. Boerhaave echter twijfelde er aan dat vuur of warmte gewicht heeft omdat hij bij proeven met acht pond zware gloeiende en koude ijzeren staven geen gewichtsverandering vond.

De warmtestof die zich met de lichamen bij verhitting verenigt, is dus zonder gewicht. Boerhaave kende de proeven op grond waarvan het tegenovergestelde werd beweerd, namelijk het toenemen in gewicht van verkalkte metalen. Hij heeft ze ook zelf genomen (onder andere met lood), maar weigerde de gewichtstoename te verklaren door absorptie van warmtestof. Een andere verklaring gaf hij echter ook niet. Hoe verklaarde Boerhaave dan de verbrandingsverschijnselen?

Hoewel de Leidse geleerde de opvattingen van zijn collega uit Halle kende, nam hij Stahls flogiston niet aan. Boerhaave geloofde weliswaar in een samengestelde na-

tuur van de metalen, maar hij verklaarde er het verbrandingsverschijnsel niet mee. Goud bestaat uit een innig mengsel van twee stoffen, de alchemistische beginselen mercuur en sulphur. In goud zit een zeer zuiver, eenvoudig en op kwik gelijkende stof (mercuur) dat innig verbonden is met een andere zuivere, eenvoudige en fijn verdeelde stof (sulphur). De overige metalen (zilver, koper, tin, ijzer en lood) bevatten bovendien nog een derde beginsel, dat voor elk metaal verschillend is en 'terra' genoemd wordt en soms bovendien nog ruwe zwavel waaraan zij hun specifieke metaaleigenschappen danken.

In de metalen zit dus geen algemeen beginsel van de brandbaarheid. Boerhaave zocht naar een natuurlijke stof om de gewichtstoename bij de verbranding te verklaren. Vuur kan het niet zijn, want dat heeft geen gewicht. Het moet dus iets zijn uit de brandstof. Om de verbrandingsverschijnselen te verklaren, gebruikte Boerhaave een 'pabulum ignis', een voedsel voor het vuur dat in brandbare stoffen aanwezig is (dus het brandbare deel van de stoffen). Dat pabulum ignis, dat niets te maken heeft met Boerhaaves materia ignis, doet zich kennen door de vlam. Er zijn stoffen die niet worden aangetast door het vuur, andere daarentegen worden door het vuur vernietigd en deze dienen aan het vuur tot voedsel en doen het leven. Alcohol is de enige stof die geheel uit pabulum ignis bestaat: het gaat volledig in de vlam op en verbrandt zonder rook. Waarom er bij de verbranding van alcohol water ontstaat, kon Boerhaave niet verklaren.

De natuur zorgt er voortdurend voor nieuw voedsel voor het vuur te vormen. Ze doet dat voornamelijk door groei, gisting, rotting en destillatie, die allemaal voor hun werking vuur nodig hebben, zodat het vuur brandbare stof vernietigt en helpt vormen.

Hoewel het pabulum ignis in veel opzichten op Stahls flogiston lijkt en beiden een direct beroep doen op de zintuigen, is het daar niet mee te vergelijken. Met zijn opvatting van vuur als voedsel voor de verbranding verbond Boerhaave tegelijk een voorstelling van vuur en warmte, die in veel opzichten op de opvatting van Stahl leek. Voor Stahl waren calcinatie en verbranding identiek; voor Boerhaave was calcinatie een fysisch, verbranden een chemisch proces. Verhitten van kalksteen ($CaCO_3$) geeft ongebluste kalk (CaO), dat wil zeggen vuur dringt in de poriën van de kalk en blijft daar tot de ongebluste kalk geblust wordt. De daarbij vrijkomende warmte is de materia ignis. Verbranden is een chemisch proces waarbij het pabulum ignis met de brandbare stof door het vuur verbruikt wordt. Voor Stahl is zwavel een verbinding van zwavelzuur en flogiston; voor Boerhaave een verbinding van zwavelzuur en pabulum ignis. Bij verbranden van zwavel ontwijkt volgens Stahl het flogiston; volgens Boerhaave bestaat zwavel uit een vrijwel volledig verbrandende 'oleum' en een daarmee verbonden 'scherp' zout. Bij verbranding van zwavel wordt het oleum in de zwavel verbrandt in het vuur.[13.]

Boerhaave wist dat verbranding niet plaats vindt zonder toetreding van lucht. Deze zorgt ervoor dat gedurende de verbranding het brandbare deel van het brandende lichaam nauw met het vuur in aanraking blijft en voorts dat de ontbrandbare deeltjes door hun snelle beweging en daardoor ontstane wrijving de kracht van het vuur vermeerderen, zich niet in alle richtingen verspreiden, maar in de vlam gehouden worden. De rol van de lucht bij het verbrandingsproces is dus een zuiver mechanische.

Als alle chemici uit zijn tijd moest ook Boerhaave zijn houding bepalen tegenover de alchemie. Toen op 14 december 1714 C. Mebuss, een alchemist in Mouldmaker Row, St. Martin's Legrand, de Londense medicus en secretaris van de Royal Society Hans Sloane probeerde te interesseren in zijn werk, verwees hij naar ‘a certain Professor in Holland’ die ‘proffered 1000 Dicatons for it: if I would give him some small matter to make a Tryall of but I had noe conveniency to make it’. Blijkbaar is hier Boerhaave bedoeld, wiens interesse in dergelijke zaken en wiens contacten met Sloane algemeen bekend waren.[14.] Deze niet afwijzende houding van Boerhaave tegenover de alchemie, blijkt in 1737 geheel te zijn verdwenen. Op 10 mei van dat jaar schreef hij aan Cromwell Mortimer, toen secretaris van de Royal Society: ‘If any person better skill'd in the Art, and more fortunate in his operations, has, by taking other methods, made greater discoveries; I do not offer my thoughts in opposition to him: but from Experience assert, that if he has treated Quicksilver and the Metals I mentioned, with the same degree of fire that I employ'd and gave an account of, then both the one and the other must have remain'd unchanged, & not have undergone any alteration, either by that fire, or by their reciprocal action on each other’.[15.]

Boerhaave had vanaf 1718 langdurige en uitgebreide proeven met kwik gedaan dat hij van de Amsterdamse Kwikmaatschappij had betrokken. De alchemisten waren van mening dat kwik door langdurige verhitting of herhaalde destillatie in vaste toestand kon worden gebracht en dat het op deze manier in zuiver goud of zilver kon veranderen. In 1693 had Berend Coenders van Helpen uit Groningen in zijn *Thrésor de la philosophie des Anciens* geschreven dat in 1653 iemand uit Luik bij hem was gekomen, die beweerde dat hij in 24 uur kwik in zuiver zilver kon veranderen. Boerhaave deed een groot aantal proeven met kwik om de onjuistheid van deze mening aan te tonen. Met kwik, dat hij zuiverde door persen door leer en wassen met zeewater, toonde hij na meer dan twintig jaar experimenteren aan dat het elementair is.[16.]

Boerhaave vond dat kwik na 15½ jaar verhitten (van 15 november 1718 tot 23 mei 1734) in een oven op 38 ^{o}C niet veranderde. Dat gebeurde ook niet na 511 maal herhaalde destillatie. Kwik is dus een eenvoudige stof die door destillatie niet in verschillende bestanddelen is te scheiden en daarbij geen goud of zilver geeft.[17.] Verhitting van kwik in een glazen retort gedurende een paar maanden op 82 ^{o}C gaf een zwart poeder (Hg_2O) dat Boerhaave ook kreeg bij schudden van kwik in een fles aan het stotend blok van een vollersmolen. Sterke verhitting van het zwarte poeder gaf weer kwik. Destillatie van het zwart geworden kwik uit een retort op een zandbad, gaf zuiver kwik, terwijl op de bodem van de retort een rood poeder achterbleef (HgO). Door verhitting en schudden wordt kwik dus veranderd: door vuur wordt het rood en door schudden zwart.

Boerhaave heeft behalve over kwik en kwikoxyden ook onderzoekingen gedaan over kwiksulfiden. Samenwrijven van kwik met zwavel gaf bij kamertemperatuur zwart kwiksulfide (aethiops mercurii; Hg_2S), waaruit bij verwarming op een zandbad rood kwiksulfide (cinnabarum; HgS) ontstond en hieruit bij destillatie met ijzervijlsel weer kwik werd teruggekregen. Boerhaave gebruikte het cinnaber als geneesmiddel tegen lepra en epilepsie. Voorts lukte het hem ureum uit urine af te scheiden, een ontdekking die gewoonlijk aan de Franse chemicus Guillaume François Rouelle (1773) wordt toegeschreven.[18.]

De flogistontheorie in Nederland

In de achttiende eeuw werd de chemie in ons land vrijwel alleen beoefend door medici en farmaceuten en nauwelijks als zuivere wetenschap beschouwd. Na de publikatie van Boerhaaves *Elementa Chemiae* (1732), leidde de beoefening van de chemie in ons land een kwijnend bestaan. Een merkwaardig feit, omdat de achttiende eeuw juist het tijdperk was waarin in brede kring een algemene belangstelling voor de natuurwetenschappen viel waar te nemen. Grote invloed oefenden daarbij populair-wetenschappelijke werken uit, zoals het vele malen herdrukte en vertaalde boek van de Purmerendse geneesheer en burgemeester Bernard Nieuwentyt (1654-1718) over *Het regt gebruik der Wereltbeschouwingen, ter overtuiginge van ongodisten en ongelovigen* (1715) en de *Katechismus der Natuur* (1777-1779) van de Zutfense predikant Joannes Florentius Martinet (1729-1795). De belangstelling in de natuurwetenschappen werd gestimuleerd door openbare voordrachten door geleerden als de refugié Jean Théophile Desaguliers (1683-1744), die omstreeks 1730 in Middelburg, Rotterdam, Den Haag en Amsterdam, en Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), die vanaf 1718 in Amsterdam cursussen gaven over experimentele fysica. Fahrenheit gaf ook voordrachten over de 'chimie, schy- of stookkunde' met als onderwerpen 'de Werking der Natuur en de natuurlyke samenhang der dingen te leeren kennen; om geneesmiddelen toe te stellen; om minder metalen in Edeler te veranderen'.[19.]

De popularisering van de natuurwetenschappen leidde tot de oprichting van een groot aantal genootschappen, die de beoefening en bevordering van kunsten en wetenschappen tot doel hadden.[20.] De belangstelling was vooral gericht op de elektrostatica, op de kennis van de omstreeks 1770 ontdekte gassen en daarbij aansluitend op de opkomst van de kwantitatieve scheikunde en de 'chemische omwenteling' van Lavoisier. Dat de chemie in die tijd in ons land een slechts ondergeschikte rol speelde, blijkt als we zien dat de eerste publikaties op dit gebied in algemeen populair-wetenschappelijke tijdschriften verschenen, zoals de Vaderlandsche Letter-Oefeningen, de Algemeene Konst- en Letter-Bode en het Algemeen Magazijn van Wetenschap, Konst en Smaak. Het eerste chemische vaktijdschrift dateert uit 1785. (Tabel II)

Tabel II
Nederlandse chemische vaktijdschriften uit het eind van de 18e eeuw

Chemische Oefeningen (Amsterdam, 1785-1788, 3 delen)

Chemische en Physische Oefeningen (Amsterdam, 1792-1797, 3 delen)

Nieuwe Chemische en Physische Oefeningen (Utrecht, 1798-1802, 2 delen)

Recherches Physico-Chymiques (Amsterdam, 1792-1794, 3 delen)

Natuur-Scheikundige Verhandelingen (Amsterdam, 1799-1808, 4 delen)

Scheikundige Bibliotheek (Delft, 1792-1798, 2 delen)

Nieuwe Scheikundige Bibliotheek (Amsterdam, 1799-1802, 3 delen)

Boerhaave's invloed in zijn geboorteland was zo groot dat in de eerste helft van de achttiende eeuw Nederlandse scheikundigen nauwelijks geïnteresseerd waren in de flogistontheorie.[21.] Ze waren tevreden met Boerhaave's opvattingen over de natuur

van de warmte en het vuur. Boerhaave heeft geen chemische school gevormd. Praktische chemici uit die tijd (voornamelijk farmaceuten) hielden zich bezig met waarnemingen, niet met theoretische beschouwingen. De verschillende chemischmedische dissertaties uit die tijd zijn dan ook niet meer dan proces-verbalen van onderzoekingen die aan stoffen als aloë, melk, plantenzuren, borax en boorzuur werden uitgevoerd. Hetzelfde zien we in de verhandelingen van de wetenschappelijke genootschappen, waarin vooral geschreven werd over de verschillende gassoorten en de invloed ervan op de lucht in ziekenhuizen en gevangenissen met aanwijzingen om die lucht te verbeteren.

Dat wil overigens niet zeggen dat er geen aanhangers van de flogistontheorie in ons land waren. Boerhaave's leerlingen Hieronymus David Gaubius (1705-1780), die hem in 1738 in Leiden was opgevolgd, en Petrus van Musschenbroek (1692-1761), sinds 1739 Leids hoogleraar in wiskunde en wijsbegeerte, pasten de flogistontheorie toe op de verklaring van chemische verschijnselen. Gaubius was sinds 1731 lector en sinds 1734 hoogleraar in de scheikunde. Hij was een praktisch chemicus met een voorliefde voor het onderzoek van organische verbindingen, omdat die het nauwst met de geneeskunde zijn verbonden. In zijn onderzoekingen liet hij zijn studenten praktisch op het laboratorium werken, vooral over pathologische en physiologische onderzoekingen over vaste delen en vochten in het menselijk lichaam. Onder zijn leiding werden dissertaties over de melk, de gal en de canthariдes bewerkt. Zelf onderzocht hij met de blaaspijp het universele geneesmiddel ‘luna fixata Ludemanni’ van de Amsterdamse kwakzalver Johan Christophorus Ludeman (1683-1757) en toonde aan dat dit wondermiddel uit zinkas (ZnO) bestaat. Gaubius interpreteerde dit met de flogistontheorie. Om het verschil tussen zinkmetaal en zinkas of zinkbloemen te verklaren, vermoedde hij dat bij de bereiding van zink de reductie van de kalk tot het metaal veroorzaakt wordt door de opname van flogiston door het zink.[22.] De bekende natuurkundige Petrus van Musschenbroek was eveneens aanhanger van de flogistontheorie. In zijn leerboek *Institutiones Physicae* (1748) schrijft hij dat de ervaring ons leert dat de stoffen uit water, flogiston en aarde als eenvoudigste bestanddelen zijn samengesteld, terwijl de metalen daarentegen uit zout, zwavel en kwik bestaan. Later definieerde hij het flogiston als de brandbare materie in de verbindingen.[23.]

Toch leidde Boerhaave's pleidooi voor een empirisch-rationele methode in de scheikunde in plaats van een theoretisch-beschrijvende ertoe dat de flogistontheorie pas na 1770 in de daadwerkelijke belangstelling van de scheikundigen kwam te staan. De oorzaak was vooral de succesvolle onderzoekingen over de gassen die sinds het midden van de achttiende eeuw werden geïsoleerd door ze boven water en kwik op te vangen (Moitrel d'Element, 1719; Stephen Hales, 1727) en waarvan de fysische en chemische eigenschappen werden bepaald. In 1754 werd de ‘vaste lucht’ (kooldioxyde) door de Schotse chemicus Joseph Black bestudeerd; in 1766 de ‘ontvlambare lucht’ (waterstof) door de excentrieke Engelse amateurgeleerde Henry Cavendish. Belangrijke onderzoekingen verrichtten de Zweedse apotheker Carl Wilhelm Scheele en de Engelse dominee en amateurgeleerde Joseph Priestley die onafhankelijk van elkaar de zuurstof ontdekten (Scheele in 1771-1772 en Priestley in 1774). Van groot belang was Priestley's driedelig werk: *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (1774-1777), waarin een groot aantal gassen uitvoerig wordt besproken.

Dit alles leidde tot een nieuw tijdperk in de geschiedenis van de scheikunde. In ons land gaven de lector bij de Amsterdamse Maatschappij Felix Meritis, Hendrik Aeneae (1743-1810) en John Cuthbertson (1743-1821), een in Amsterdam werkzame Engelse instrumentmaker, in 1777 een cursus over de recent ontdekte gassen, waarbij gebruik werd gemaakt van het boek van Priestley. Een van de toehoorders, de medicus en lettergieter Jacob Ploos van Amstel (1735-1784) was zo onder de indruk van de voordrachten, dat hij direct Priestley's boek in het Nederlands vertaalde als: *Proeven en waarneemingen op verschillende soorten van lucht* (1778, 1781). Hiermee en door de bekroonde antwoorden op prijsvragen die door de wetenschappelijke genootschappen werden uitgeschreven, konden onze landgenoten een volledig overzicht krijgen van de meest recente opvattingen over de nieuw ontdekte gassen, welke natuurlijk allemaal beschouwd werden vanuit een flogistisch standpunt. De uit Heidelberg afkomstige Utrechtse hoogleraar in filosofie, experimentele fysica en astronomie (1753) Johannes David Hahn (1729-1784) liet zijn promovendi chemische en fysische experimenten uitvoeren.[24.] Zowel Hahn als zijn promovendi waren Stahliaan, maar opvallend is het kwantitatieve werk wat ze uitvoerden en waarin verschijnselen werden waargenomen die met de flogistontheorie in strijd waren. Zo promoveerde Dirk de Smeth (1754-1779) op 9 oktober 1772 op een dissertatie *De aëro fixo*, waarin kwantitatief de gewichtstoename van fosfor en van levende kalk (CaO) aan de dampkringslucht werd onderzocht. De Smeth en Hahn concludeerden dat de gewichtstoename van de ongebluste kalk - waarvan ze foutief aannamen dat er calciumcarbonaat was ontstaan - vooral te danken is aan de absorptie van waterdamp en voor maar een klein deel aan de opname van een of ander bestanddeel uit de lucht (namelijk vaste lucht). Ook de gewichtstoename van fosfor aan de lucht schreven ze toe aan de opname van water.

De meeste leerlingen van Hahn behoorden tot het Amsterdamse patriciaat. Voor hun toekomstige carrière (koopman, bankier of politicus) promoveerden zij in de rechten, maar omdat ze persoonlijke belangstelling hadden in de schei- of natuurkunde behaalden ze ook een doctoraat in de natuurwetenschappen. Ze behielden een passieve belangstelling voor de natuurwetenschappen, sommigen als lid van wetenschappelijke genootschappen, anderen als mecenas. Hahns leerling Willem de Loos (1736-1771), geneesheer in Rotterdam, gaf omstreeks 1770 voordrachten met experimenten over scheikundige onderwerpen voor de leden van het Rotterdamse Chemisch Gezelschap[25.], terwijl Petrus de Smeth (1753-1810), de broer van Dirk, de *Recherches physico-chymiques* (1794) van het Gezelschap der Hollandsche Scheikundigen financieel steunde.

De ontvangst van Lavoisiers oxydatieleer

Het chemisch onderwijs en onderzoek aan de Nederlandse universiteiten leidde in de tweede helft van de achttiende eeuw een kwijnend bestaan. Het scheikundeonderwijs in Leiden stond praktisch stil van 1764-1783. Dit veranderde toen Floris Jacob Voltelen (1753-1795) in 1783 benoemd werd tot hoogleraar in de genees- en scheikunde en op zijn colleges de nieuwste ontwikkelingen in de chemie behandelde. Maar zijn opvolger, Sebald Justinus Brugmans (1763-1819), die plantkunde (1786),

natuurlijke historie (1787) en scheikunde (1799) doceerde, had geen interesse in de chemie. In Groningen was voor de medische hoogleraren die de chemie in hun leeropdracht hadden in de gehele periode 1706-1783 de scheikunde slechts bijvak. Pas met Petrus Driessen (1753-1828) begon de scheikunde als zelfstandig onderwijsvak te functioneren. Driessen werd lector in de scheikunde en natuurlijke historie in 1778 en hoogleraar in de geneeskunde in 1787. Een laboratorium kreeg hij echter pas in 1795. Alleen in Utrecht werd door Evert Jacob Wachendorff (1703-1758), die sinds 1726 privécolleges chemie gaf en in 1743 professor ordinarius medicinae, chemiae et botanicae werd, en vooral door diens opvolger Hahn serieus aandacht aan de scheikunde geschonken. Sinds 1726 had Utrecht tevens de beschikking over een nieuw laboratorium in het Theatrum academicum.

De oorzaak van deze situatie in het universitaire chemie-onderwijs is grotendeels terug te voeren tot het feit dat de scheikunde nog steeds als hulpwetenschap voor de medische propaedeuse werd beschouwd. Er was ambitie om hoogleraar in de geneeskunde te worden, niet in de scheikunde, een omstandigheid die het onderwijs en onderzoek in de scheikunde zeker niet stimuleerde. Dat er toch grote belangstelling voor dat vak bestond, blijkt duidelijk uit buiten-universitaire activiteiten. De snelle acceptatie van het nieuwe stelsel van de Franse chemicus Lavoisier, alsmede de succesvolle verdediging ervan door Nederlandse chemici vond buiten het universitaire milieu plaats. Centra waren Haarlem, waar de geneesheer en directeur van Teylers Stichting Martinus van Marum (1750-1837) als eerste het nieuwe systeem accepteerde en door experimenten verdedigde, en Amsterdam, waar een groep chemici, het Genootschap der Hollandsche Scheikundigen, fundamentele onderzoekingen deden over de Lavoisieriaanse scheikunde.

De ontvangst van het antiflogistische stelsel behoort tot een van de hoogtepunten uit de geschiedenis van de scheikunde in ons land. Zoals tegen het eind van de vorige eeuw door de directeur van de Tilburgse hogere burgerschool H.P.M. van der Horn van den Bos is aangetoond[26.], behoorden Nederlandse chemici uit het eind van de achttiende eeuw tot de eerste aanhangers van het stelsel van Lavoisier, waarvan ze de beste verdedigers werden. Niet alleen verschenen van hun hand verschillende uitstekende publikaties over het nieuwe stelsel, maar ze voerden tevens een groot aantal oorspronkelijke experimenten uit, die mede tot de val van de flogistontheorie hebben bijgedragen ten gunste van de nieuwe oxydatieleer.

Hoewel algemeen wordt aangenomen dat Van Marum de eerste volgeling van Lavoisier in Nederland was, is dit niet geheel zeker. Reeds in 1784 sprak de Leidse hoogleraar Voltelen, een leerling van Hahn, in zijn *Oratio aditialis de Chemiae hodiernae pretio rite constituendo* (Over de rechtmatige waardering van de hedendaagse scheikunde) lovend over de nieuwe leer, hoewel hij er nog geen aanhanger van was. Wanneer dat plaats vond is niet duidelijk, maar waarschijnlijk spoedig erna. Voltelen toonde zich in zijn oratie goed op de hoogte van de nieuwe scheikundige opvattingen, maar voelde toch meer voor de leer van Stahl dan voor die van Lavoisier. Hij twijfelde nog of de flogistonleer wel geheel door de nieuwe opvattingen overtroffen zou worden en voor deze zou moeten wijken. Toch gebruikte hij de leer van Lavoisier als uitgangspunt voor zijn colleges.[27.]

De eerste die de leer van Lavoisier in geschrift verdedigde, was de Haarlemse geleerde Martinus van Marum. Op 18 februari 1785 was deze begonnen met uitvoerige

experimenten met de 'ongemeen groote Electrizeer-Machine', die dank zij de ruime middelen van Teylers Stichting door de in Amsterdam werkzame Engelse instrumentmaker John Cuthbertson (1743-1821) kon worden vervaardigd.[28.] (Afb. XII) Van Marum voerde de proeven, waaronder de werking van de elektrische ontlading op verschillende gassen, metalen en metaalkalken, deels alleen uit, deels in samenwerking met de Amsterdamse koopman Adriaan Paets van Troostwijk (1752-1837), diens vriend, de Amsterdamse medicus Jan Rudolph Deiman (1743-1808) en de Amsterdamse hoogleraar in wijsbegeerte, wis-, natuur- en sterrenkunde Jan Hendrik van Swinden (1746-1823). De resultaten werden uiteraard verklaard met de toen heersende flogistontheorie, die in de loop van de achttiende eeuw een aantal modificaties had ondergaan (waaronder de veronderstelling dat flogiston een negatief gewicht heeft). Van Marum en Paets van Troostwijk hadden gevonden dat bij de 'Revivificatie [reductie] van de Kalken der Metaalen' door een elektrische ontlading de metaalkalken werden omgezet in metalen. Blijkbaar bestaat er een grote overeenkomst tussen de elektrische stof en het flogiston. Bij hun proeven kon de kalk alleen flogiston hebben opgenomen van de elektrische stof, waaruit volgt 'dat de electrische stof of het phlogiston zelve zy, of dat zy ten minste veel van dit beginzel bevatte'. Een probleem vormde hun 'Proefneemingen omtrent de Verkalking van verschillende Metaal-draaden' (ijzer, lood, tin en koper): De beide onderzoekers von-



XII. De grote electriseermachine van de Haarlemse geneesheer Martinus van Marum, directeur van 'Teyler's Physische en Naturaliën Kabinet en Bibliotheek'. (Wybrand Hendriks, Ovale zaal van Teylers Museum. Paneel omstreeks 1810. Teylers Museum, Haarlem).

den hierbij dat de elektrische stof ook in staat is metaal om te zetten in metaalkalk. Een verklaring voor deze 'vreemde verschynzelen' konden zij echter niet geven.[29.]

Van Marum publiceerde in 1785 zijn *Beschryving eener ongemeen groote Electrizeer-Machine, geplaatst in Teyler's Museum te Haarlem, en van de proefneemingen met dezelve in 't werk gesteld*. Dit in het Nederlands èn in het Frans geschreven verslag verscheen als derde stuk van de *Verhandelingen, uitgegeeven door Teyler's Tweede Genootschap*.

Van Marum wilde de inhoud ervan in Parijs bespreken met de daar werkende Franse chemici en fysici. Hij verbleef er van 6 juli tot 9 augustus 1785 en legde zijn belevenissen neer in een 'Journaal betreffende de Natuurkunde en Natuurlijke Geschiedenis in mijnen omgang met geleerden gehouden geduurende mijn verblijf in Parijs in July [1785]'. Op 9 juli bezocht hij de vergadering van de Académie des Sciences, waarvan hij sinds 20 augustus 1783 corresponderend lid was. Hij bood zijn boek aan de Académie aan. 'De afbeeldingen van de straal, de pluim en van de Batterij wierd door verscheiden leeden der vergadering met verwondering beschouwd terwijl ik teffens van het een [en] ander betreffende de groote kracht van Teyler's Machine verslag deed'.[30.] Na de vergadering bezocht hij 's avonds de bejaarde Amerikaanse geleerde en staatsman Benjamin Franklin (1706-1790). Hij bood hem een exemplaar van zijn boek aan en wisselde met hem van gedachten over de inhoud.

Van groter belang was Van Marums confrontatie met de nieuwe scheikunde van Lavoisier, die sinds 1772 kwantitatieve proeven over de verbranding van tin en fosfor had uitgevoerd en de gewichtsvermeerdering ervan had waargenomen. Zo vond hij dat bij verhitting van tin in een gesloten retort, de retort niet zwaarder werd. Werd ze evenwel geopend, dan drong de lucht naar binnen en alles was even veel zwaarder geworden als de verkalkte tin in gewicht was toegenomen. Verkalking berust dus op de absorptie van lucht. In oktober 1774 hoorde Lavoisier van de Engelse predikant Joseph Priestley diens ontdekking van de zuurstof, maar pas in 1776 zag hij in dat de atmosferische lucht twee hoofdbestanddelen bevat, waarvan één zich bij de verbranding met het brandende lichaam verbindt. In 1777 had Lavoisier zijn bekende proeven met kwik en lucht gedaan, waarbij de analyse van lucht door synthese werd bevestigd.[31.] De acceptatie van deze nieuwe opvattingen verliep zeer langzaam. Pas na 1785 aanvaardden de voornaamste Franse chemici de antiflogistische theorie. Op 28 juli 1785 had Lavoisier voor de Académie des Sciences het eerste deel voorgedragen van een verhandeling: 'Réflexions sur le Phlogistique, Pour servir de développement à la théorie de la Combustion et de la Calcination, publiée en 1777'.[32.] Deze voordracht had tot doel te bewijzen dat 'il est par cela seul infiniment probable que ce principe [namelijk het flogiston] n'existe pas; que c'est un être hypothétique, une supposition gratuite; et en effet, il est dans les principes d'une bonne logique, de ne point multiplier les être sans nécessité'.

Op de vergadering van 13 juli, waarbij ook Van Marum aanwezig was, las Lavoisier het tweede deel van zijn verhandeling voor. 'M. Lavoisier las onder anderen eene memorie over de verschillende zoorten van luchten, voor. Dan de heevige tegenwerpingen, welken hier tegen gemaakt wierden, waar door de voorleezing telkens wierd afgebrooken, en het tegelyk spreeken van den leezer en zijne tegenstreevers veroorzaakten, dat ik hier zeer weinig van konde verstaan'.[33.]

Op aanraden van de Parijse wiskundige Jacques Antoine Joseph Cousin, hoogle-

raar aan de École Militaire te Parijs, bezocht Van Marum op 17 juli de wis- en natuurkundige Gaspard Monge (1746-1818). 'Deeze man geviel mij aanstonds bijzonderlijk; sprak met mij zeer openhartig, en deelde mij meede een gedeelte der latere proefneemingen betrekkelijk de verschillende zoorten van luchten'.[34.] De volgende dag bracht hij een bezoek aan 'M. Lavoisier door wien ik zeer beleefd wierd ontfangen. Zijne tijd thans zeer bepaald zijnde nodigde hij mij s'middags bij hem te eeten, waarvoor ik echter, terwijl ik den Heere Brisson[35.] mijn woord gegeven had, moest bedanken. Dus ik dezen dach weinig onderhoud met hem konde hebben'. Op 20 juli stelde Lavoisier op de vergadering van de Académie des Sciences voor om een rapport over Van Marums elektrische onderzoekingen te doen opstellen door de medicus Jean Baptiste le Roy (1720-1800) en Monge. Van Marums onderzoekingen werden door de Franse geleerden zeer positief ontvangen. De aanhangers van Lavoisier probeerden hem te overtuigen van de juistheid van de nieuwe scheikunde, die hij alleen uit de Franse chemische literatuur kende. Op 25 juli had Van Marum een uitvoerig onderhoud met Monge 'over de nieuwe theorie omtrent de verschillende zoorten van luchten'[36.]; op 30 juli deed Monge Van Marum 'weder het genoegen van mij de theorie van Lavoisier, etc. en de proefneemingen ter staaving van dezelve genomen, te verhaalen'.[37.] Twee dagen later, op 1 augustus, deed de chemicus Claude Louis Berthollet Van Marum 'het genoegen van mij de proeven te toonen, waar van hij in zijne Mémoire sur l'acide marin dephlogistiqué [chloor] heeft melding gemaakt'.

Hoewel Monge en Berthollet hun uiterste best deden Van Marum te overtuigen van de juistheid van Lavoisiers scheikundige opvattingen, keerde deze niet als een bekeerling naar Haarlem terug. Wel had hij grote twijfels over de flogistontheorie gekregen. Vanaf 25 november 1785 herhaalde hij zijn eerdere proefnemingen met Teylers elektriseermachine. Gedurende de winters van 1785 op 1786 en van 1786 op 1787 deed hij, weer in samenwerking met Paets van Troostwijk, tal van experimenten, maar nu verklaarde hij de resultaten daarvan met de nieuwe oxydatietheorie. Ook de merkwaardige waarneming 'dat één en dezelfde oorzaak in gelijke omstandigheden uitwerkzels te weegbrengt, die rechtstreeks tegen elkander zijn overgesteld; het geen voorzeker ongegrond is', wist hij nu te verklaren: de metaalkalken worden door de werking van de elektrische ontlading ontleed in metaal en zuurstof en de hoge temperatuur, die daarbij ontstaat, kan de metalen weer oxyderen tot het oxyde. In tegenstelling tot Paets van Troostwijk concludeerde Van Marum nu uit zijn proeven dat voor de hypothese van Stahl over het bestaan van flogiston geen bewijzen bestonden. De calcinatie van metalen bestaat in de vereniging ervan met het grondbeginsel van de zuurstof, door Lavoisier 'principe oxygène' genoemd. Op 26 februari 1787 schreef Van Marum een lange brief aan Lavoisier.[38.] Hij beschreef een aantal door hem uitgevoerde experimenten en gaf toe dat de proeven van de Franse chemicus duidelijk hadden aangetoond dat de calcinatie van metalen bestaat in de verbinding van het metaal met het beginsel van de levenslucht. Van Marum beloofde Lavoisier een exemplaar van de publikatie van zijn nieuwe proeven te zullen sturen, waaruit zou blijken dat hij de nieuwe theorie vrijwel geheel had aangenomen en het flogiston had verworpen. Daar de geschriften van de Académie des Sciences in Nederland zeer weinig voorkwamen en dientengevolge Lavoisiers leer hier niet bekend was onder de geneesheren en scheikundigen, heeft Van Marum aan het einde van het boek een samenvatting van de nieuwe leer opgenomen.

In april 1787 verscheen Van Marums *Eerste vervolg der proefneemingen, gedaan met Teyler's electrizeermachine*. Alle daarin beschreven experimenten worden nu met de antiflogistische theorie verklaard. Als aanhangsel voegde Van Marum er een 'Schets der Leere van M. Lavoisier, omtrent de zuivere lucht van den dampkring, en de vereeniging van derzelver grondbeginzel met verschillende zelfstandigheden' aan toe.[39.] (Afb. XIII) Hij was er zich goed van bewust dat de theorie van Lavoisier in ons land nauwelijks bekend was. Nederlandse geleerden lazen vooral Duitse chemische tijdschriften, waarin de flogistontheorie werd verdedigd en zij waren nauwelijks op de hoogte van de Franse chemische literatuur. Dientengevolge had Van Marum zijn *Schets* alleen in het Nederlands geschreven en niet - zoals de rest van de publikatie - tevens in het Frans. Door zijn systematische onderzoekingen en vooral door zijn heldere, in de landstaal geschreven, uiteenzetting van het nieuwe scheikundige systeem werd hij een sleutelfiguur in het acceptatieproces van Lavoisiers theorie in ons land.

Van Marum gaf drie redenen aan waarom hij de nieuwe scheikunde had aanvaard: '1) dat elke grondstelling van deeze leer door besliszende proefneemingen bewezen is [...]; - 2) dat men daarentegen voor de leerstelzels, welke hier meede stryden, en wel byzonderlyk voor het bestaan van het *phlogiston*, zo als dit door Stahl geleerd is, nimmer eene rechtstreeks bewyzende proefneeming heeft bygebracht, maar hetzelve alleen heeft aangenomen, om dat hier uit veele verschynzels kunnen verklaard worden; - 3) dat deeze leer, naar myn inzien, zeer eenvoudige en duidlyke verklaaringen geeft [...] van een groot aantal verschynzelen, waar onder veelen, welken uit anderen tot nu toe voorgestelde leerstelzels of in 't geheel niet te verstaan zyn, of waar van andere stelzels zeer gedwongene, en hier door onaanneemlyke, ja zelfs ongerymde verklaaringen geeven'.[40.]

In de eerste elf paragrafen van de *Schets* toonde Van Marum het onder punt 1 genoemde aan; punt 3 werd in de paragrafen 15-19 uitgewerkt. Hij beperkte zich niet alleen tot een heldere en beknopte weergave van de nieuwe scheikunde. Lavoisier had als belangrijke grondslag van zijn systeem aangenomen, dat de gastoestand het gevolg is van de verbinding van het grondbeginsel van het gas met de warmtestof. Zuurstofgas is dus een verbinding van het principe oxygène met de 'fluide igné' of 'calorique'.[41.] Tegen deze opvatting had Van Marum bezwaar. Weliswaar achtte hij het hoogst waarschijnlijk dat 'het beginzel, het geen door zyne vereeniging met het grondbeginzel (basis) der zuivere lucht, of met het grondbeginzel van eenige andere lucht, dezelven luchten maakt, [...] het vuurbeginzel of de licht-stoffe (fluide igné; matière du feu, de la chaleur, et de la lumière)' is, maar hij vond deze 'stelling, [...], niet door zodanige rechtstreeks bewyzende ondervindingen, als de voorgaande stellingen, gestaafd worden'.[42.]

Van Marums *Schets* werd in het tweede kwartaal van 1787 door de Haarlemse drukkers Joh. Enschedé en Jan Walré gedrukt en verzonden. Onze landgenoten konden kennis nemen van zijn uiteenzettingen van Lavoisiers scheikunde. Al in 1788 werd een Duitse vertaling gepubliceerd. Het duurde echter nog een vijftal jaren voor het nieuwe stelsel van Lavoisier in ons land algemeen was aanvaard. Een van de grootste problemen was uiteraard de moeilijkheid om verouderde begrippen, waarmee men zo lang vertrouwd was geweest, te vervangen door nieuwe. Van Marum zelf had dat aan den lijve ondervonden en hij wees er dan ook nadrukkelijk op: 'Dezelfde

Schets der Leere van M. LAVOISIER, *omtrent de zuivere lucht van den dampkring, en de vereeniging van derzelver grondbeginzel met verſchillende zelfſtandigheden.*

§ I.

A. *De dampkrings-lucht, welke ons omringt, is een mengzel, waar van het kleinſte gedeelte zodanige lucht is, die op zich zelve ter ademhaaling dienen kan. Deeze lucht, door* Dr. PRIESTLEY gedephlogiſteerde lucht *geheeten, is door de Franſche Academiſten* levens-lucht (air vital), *door* BERGMAN *en andere hedendaagſche Natuurkundigen* zuivere lucht (air pur) *genaamd. Het overige gedeelte der dampkrings-lucht is van dien aart, dat het op zich zelve genomen ter ademhaaling niet dienen kan; waarom men dan aan deeze lucht, die door* Dr. PRIESTLEY gephlogiſteerde lucht *genaamd is, den naam van* moſette, *of* ſchadelyke lucht *gegeeven heeft.*

Dat de dampkrings-lucht een mengzel is van zuivere lucht en moſet, zal blyken uit de ondervinding, welke ik ten bewyze van § III. zal bybrengen.

Daar ik thans niet meer het beſtaan van *phlogiſton* erken, zo heb ik niet wel langer de benaamingen van *gedephlogiſteerde* en *gephlogiſteerde* luchten kunnen behouden. Van daar is het, dat ik thans deeze luchten *zuivere lucht* en *moſet* noem. Ik heb de benaaming van *zuivere lucht* verkoren, terwyl die van *levens-lucht (air vital)* my voorkwam in onze taal wat vreemd te luiden.

B. *De zuivere lucht bedraagt doorgaans omtrent* ¼, *en de moſet* ¾ *van de dampkrings-lucht, waar in wy ons bevinden* (*a*).

M. LAVOISIER heeft dit door de vereeniging van dampkrings-lucht met ſalpeter-lucht bevonden (M. 1782. p. 490); als ook door de branding van *pyrophorus*, waar van ik in § VIII. zal melden.

§ II.

A. *De zuivere lucht heeft de eigenſchap van zich met veelerlei ſtoffen te kunnen vereenigen, en hier meede zeer verſchillende zelfſtandigheden zamenteſtellen.*

Dit zal blyken uit de volgende §§ III, IV, V, VI, VII en XI.

B.

(*a*) De hoeveelheid der zuivere lucht in de dampkrings-lucht ſchynt echter in verſchillende jaargetyden, en op onderſcheiden plaatzen, een weinig te verſchillen.

Gg 2

XIII. Van Marums Schets der Leere van M. Lavoisier, als aanhangsel toegevoegd aan zijn Eerste vervolg der proefneemingen, gedaan met Teylers' electrizeer-machine *(1787)*.

moeyelykheid van een verouderd begrip afteleggen heeft ook voor my langen tyd van het aannemen der voorgestelde leer te rug gehouden, zo dat zelfs de eerste leezing der Schriften van M. Lavoisier [...] my omtrent de Stahliaansche leer niet eens aan 't wankelen heeft kunnen brengen. De daar in voorgestelde leer, toen in 't geheel niet met myn begrippen kunnende strooken, kwam my als eene ongerymde nieuwigheid voor, tot dat ik in 1785 te Parys zynde, door verscheiden uitkomsten van proefneemingen, welken zommigen Academisten my geliefden onder het oog te brengen, getroffen, omtrent de oude leer begon in twyffel te geraaken, en hier door vervolgens tot een nauwkeuriger onderzoek der zaak gebracht wierd'.[43.]

Wat was de betekenis van Van Marums *Schets der Leere van M. Lavoisier* voor het acceptatieproces van de nieuwe scheikunde in ons land? Ongetwijfeld heeft hij hiermee vele Nederlandse wetenschappers op de hoogte gebracht van de nieuwe leer, maar werden ze er ook door overtuigd? Van Lambertus Bicker (1732-1801), geneesheer en secretaris van het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam, is bekend dat hij na lezing van de *Schets* in de lente van 1787 het nieuwe systeem heeft omhelsd. Hier is sprake van een directe invloed van Van Marum op één van onze landgenoten.[44.] Geheel zelfstandig kwam tot de aanvaarding van Lavoisiers scheikunde Alexander Petrus Nahuys (1737-1794), hoogleraar in de geneeskunde, plantkunde, scheikunde en fysiologie aan de Utrechtse Universiteit. Eind 1786 of begin 1787 'bekeerde' hij zich na een onafhankelijke en kritische studie van de recente antiflogistische literatuur na de daarin beschreven experimenten herhaald te hebben.[45.]

Nahuys deed dit in zijn antwoord op een in 1782, en opnieuw in 1785 uitgeschreven prijsvraag van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen: 'Is het Phlogiston een waar beginzel der Lighamen? het zy eenvoudig het zy zamengesteld, het welk, zoo niet in alle, ten minsten in de meeste, gevonden word? of moeten de verschijnzelen, welke doorgaands uit de tegenwoordigheid van dit beginzel door de Scheikundigen verklaard zijn, uit andere oorzaaken worden afgeleid? Zoo ja, welke zijn die oorzaaken?[46.] (Afb. XIV) Nahuys leverde in september 1787 een antwoord in, dat op 17 juni 1788 werd bekroond met "de dubbele Prys, van 60 Ducaten, of van eene gouden Medaille ter zelver waarde". Tegelijkertijd werd een antwoord bekroond, waarvan de schrijver zich nooit bekend heeft gemaakt.[47.] In deze laatste verhandeling worden de oude en de nieuwe theorieën systematisch met elkaar vergeleken met als conclusie dat het onmogelijk is een keuze tussen beide theorieën te maken. Nahuys daarentegen blijkt een overtuigd aanhanger van Lavoisier te zijn. Zijn herhaling en uitbreiding van de experimenten van de Franse scheikundige hebben hem zo overtuigd van de juistheid van de nieuwe theorie dat er bij hem "omtrend derzelve geene de minste twijffeling meer is overgebleeven".[48.] Evenals Van Marum wees ook Nahuys op de moeilijkheid verouderde begrippen te vervangen door nieuwe. Toen Nahuys zijn antwoord op de prijsvraag van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap inzond, kende hij de *Schets* niet. Onafhankelijk van Van Marum was hij in ons land de tweede aanhanger van Lavoisier.

In zijn verhandeling leverde Nahuys kritiek op de opvattingen van Paets van Troostwijk en Deiman, die beiden - ondanks hun contacten met Van Marum - nog aanhangers van de flogistontheorie waren. In hun antwoord op een prijsvraag over

ANTWOORD

OP DE

VRAAG,

VOORGESTELD DOOR HET

PROVINCIAAL UTRECHTSCH GENOOTSCHAP VAN KONSTEN EN WETENSCHAPPEN.

Is het Phlogiston een waar beginzel der Lighamen? het zij eenvoudig het zij zamengesteld, het welk, zoo niet in alle, ten minsten in de meeste, gevonden word? of moeten de verschijnzelen, welke doorgaands uit de tegenwoordigheid van dit beginzel door de Scheikundigen verklaard zijn, uit andere oorzaaken worden afgeleid? Zoo ja, welke zijn die oorzaaken?

DOOR

ALEXANDER PETRUS NAHUYS,

Professor in de Medicyne, Botanie, Chemie en Physiologie te Utrecht.

Aan welke den 17 Junij 1783. in de algemeene Vergadering de dubbele *Gouden Medaille* is toegewezen.

V. DEEL. A

XIV. De Verhandeling over het phlogiston *van de Utrechtse hoogleraar in de geneeskunde, botanie, chemie en fysiologie Alexander Petrus Nahuys, verschenen in de* Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen *5(1789).*

"de waarlyk onderscheidene soorten der lucht-gelykende Vloeistoffen, aan welken men de naamen van vaste lucht, gedephlogisteerde lucht, ontvlambaare lucht, Salpeter-lucht, zuure lucht, loog-lucht, en anderen gegeeven heeft" (1786), uitgeschreven door de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem, gaven de Amsterdammers een belangrijk overzicht van de verschillende verbrandingstheorieën.[49.] Zij verdedigden de flogistontheorie tegenover de nieuwe opvattingen van Lavoisier en beschouwden alle gassen als modificaties van de atmosferische lucht. Terwijl de meeste chemici probeerden de gewichtsvermeerdering bij de verbranding flogistisch te verklaren, vielen Paets van Troostwijk en Deiman op scherpzinnige wijze Lavoisier zelf aan. Volgens de Franse chemicus komt er bij de verbranding vuur- en warmtestof (calorique) vrij. Verbranding is "ontbinding van warmtestof" waardoor de gasvormige toestand van de zuurstof wordt opgeheven en deze zich met het brandbare lichaam verenigt. Ze doet dit zoveel in gewicht toenemen als het gewicht van de opgenomen zuurstof bedraagt. Wanneer dit juist is, moet de gewichtsvermeerdering gelijk zijn aan het gewicht van het zuurstofgas, verminderd met het gewicht van de warmtestof. De laatste is echter even denkbeeldig als het flogiston van Stahl! (De Amsterdammers vergaten echter het onweegbaar karakter van de warmtestof.) Zij meenden daarom dat de verbrandingsverschijnselen beter met de flogistontheorie zijn te verklaren. Hierin werd aangenomen dat alle luchten (gassen) een zuur als grondstof bezitten. Bij de verbranding ontleedt het flogiston de gedeflogistiseerde lucht (zuurstof) tot gedeflogistiseerd zuur dat zich met het brandende lichaam verenigt. Er gaat dus niets verloren noch wordt er iets afgescheiden. De gewichtsvermeerdering neemt toe met het gewicht van de opgenomen zuurstof en de verbrandingsverschijnselen zijn dus even goed te verklaren met de leer van het flogiston. Wat zij echter niet begrepen was waarom bij verbranding van een niet-metaal een zuur en bij die van een metaal een kalk ontstaat. Lavoisier gaf geen verklaring van dat verschil; met de flogistontheorie lukte dat de Amsterdammers echter wel. Een niet-metaal bestaat uit zuur en flogiston, maar door de aanwezigheid van het flogiston is het zuur niet waarneembaar. Als een niet-metaal bij de verbranding van zijn flogiston wordt beroofd, dan toont het zijn zuur karakter. Metalen die uit metaalkalk en flogiston bestaan, geven bij het afstaan van hun flogiston aan de gedeflogistiseerde lucht een metaalkalk. Hier wordt geen zuur gevormd, omdat dat gebonden blijft aan de kalk.

De kritiek van Nahuys richtte zich op deze opvattingen.[50.] Deze kritiek, alsmede de in 1787 door Van Marum gepubliceerde *Schets* vormde de voornaamste reden waarom Paets van Troostwijk en Deiman in 1789 aanhangers van de nieuwe leer werden. In dat jaar publiceerden zij hun *Beschrijving van eene electrizeer-machine, en van proefneemingen met dezelve in 't werk gesteld*, waarin experimenten worden beschreven met een elektriseermachine door Cuthbertson vervaardigd voor het genootschap Felix Meritis te Amsterdam. De proeven gaan vooral over de oxydatie en reductie van metalen. Maar, hoewel woorden als zuurstof en mofet (stikstof) worden gebruikt, is het nog niet duidelijk dat we met aanhangers van Lavoisier hebben te maken. Eind 1789 veranderde dat, toen Paets van Troostwijk, Deiman en Cuthbertson er in slaagden water door de elektrische vonk te analyseren en te synthetiseren. We moeten ons daarbij realiseren dat vóór 1780 water algemeen als elementair werd beschouwd. In 1781 had Priestley bij de explosie van ontvlambare lucht en ge-

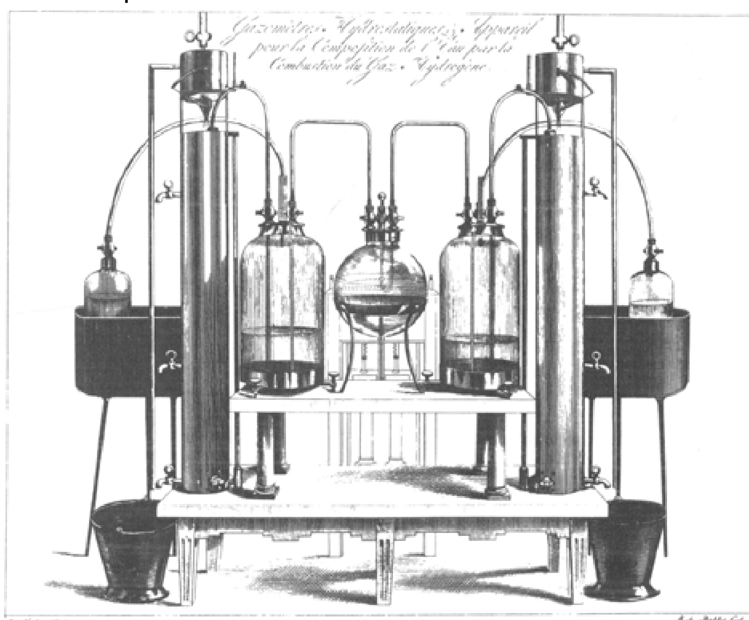
deflogistiseerde lucht (waterstof en zuurstof) de vorming van “dauw” waargenomen. In hetzelfde jaar verkreeg de Engelse natuur- en scheikundige Henry Cavendish (1731-1810) water bij de verbranding van ontvlambare lucht in gedeflogistiseerde lucht met behulp van elektrische vonken. Hij bezat echter nog totaal geen inzicht in de samengestelde natuur van het water. Pas in 1783 zag Cavendish in dat water uit twee gassen bestaat en in hetzelfde jaar kwamen onafhankelijk van elkaar James Watt (1736-1819) en in Frankrijk Pierre Simon de Laplace (1749-1827) en Lavoisier, alsmede Gaspard Monge tot dezelfde conclusie. Jean Baptiste Marie Charles Meusnier de la Place (1754-1793) en Lavoisier toonden aan dat als water door een gloeiende ijzeren buis wordt geleid, het ontleedt onder vrijkomen van ontvlambare lucht (1781).

De onbegrepen natuur van het water was een steun voor de flogistonleer. De ontdekking van de samengesteldheid van het water werd door de flogistici dan ook verre van algemeen aanvaard. Ze was ook niet overtuigend genoeg. Omdat namelijk bij verbranding van zwavel, fosfor en koolstof zuren ontstaan, meende men op analogiegronden dat bij de verbranding van waterstof ook een zuur moest worden verkregen. Lavoisier zelf zei in 1783: “[L]” analogie m'avait porté invinciblement à conclure que la combustion de l'air inflammable devait également produire un acide’.[51.] Inderdaad kregen Monge (1783) en Cavendish (1785) bij de verbranding van waterstof en zuurstof behalve water ook wat salpeterzuur (afkomstig van aanwezige stikstof in de gebruikte zuurstof). Dit was dus in overeenstemming met de flogistonleer. Bovendien beschouwden een aantal aanhangers van de flogistonleer uit de waarneming dat een metaal met zuur wel, maar een metaaloxyde met zuur geen waterstof geeft, waterstof identiek met het flogiston. Waterstof moest bij verbinding met zuurstof dus een zuur geven (de zuurheid werd als afhankelijk van het flogiston beschouwd) en het waargenomen water was slechts een bijprodukt (het was al aanwezig in de lucht).

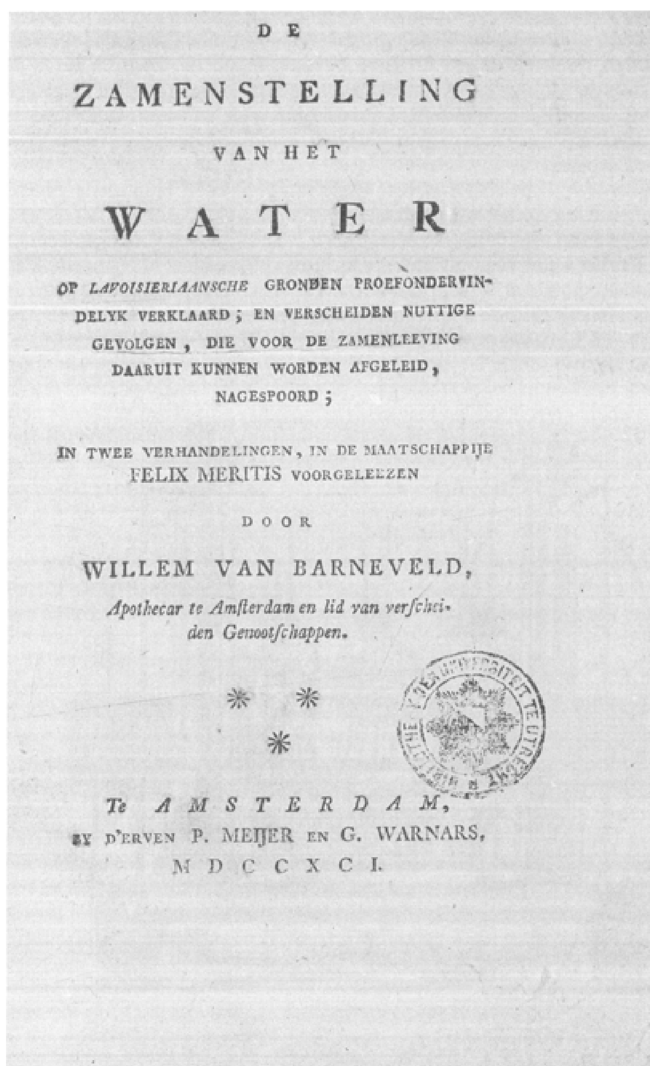
In de novemberaflevering van de *Observations sur la physique* publiceerden de Amsterdamse chemici een ‘Lettre de MM. Paets van Troostwijk et Deiman, à M. de la Métherie, Sur une manière de décomposer l'Eau en Air inflammable et en Air vital’.[52.] De daarin beschreven proef leverde het onomstotelijke bewijs van de directe ontleding èn synthese van water uit waterstof en zuurstof, dit in tegenstelling tot de opvatting van de flogistonaanhangers. De ontleding van water vond plaats in een glazen buis, 35 cm lang en met een doorsnede van 0,3 cm, aan één zijde dichtgesmolten. De met water gevulde buis werd omgekeerd in een bak met water geplaatst. Van boven werd een gouddraad van 4 cm lengte gestoken, waarna een tweede van onderen in de buis werd aangebracht op een korte afstand (1,7 cm) van de bovenste draad. Vervolgens werden de draden in verbinding met een elektriseermachine gebracht. Bij het overspringen van de vonk door het water werd gasontwikkeling waargenomen. De gassen verzamelden zich boven in de buis totdat het uiteinde van de bovenste gouddraad niet meer tot in het water reikte. Dan ging de vonk gedeeltelijk door het gas. Daarbij vond een ontploffing plaats en werden de gassen weer omgezet in water. Met deze eenvoudige proef werden dus tegelijkertijd de analyse èn de synthese van water verkregen en was de belangrijkste laatste steunpilaar van de flogistonleer ondergraven. Om eventuele kritiek van flogistonzijde te voorkomen, verrichten de onderzoekers nog enige aanvullende experimenten. Een flogisticus zou namelijk kunnen zeggen dat de zuurstof uit in water opgeloste lucht zou zijn ont-

staan. Daarom werd de proef herhaald met onder een luchtpomp uitgekookt water, uiteraard met hetzelfde resultaat. Een flogisticus zou ook kunnen zeggen dat de elektrische vonk zelf flogiston of een flogiston bevattende stof is. Daarom lieten de Amsterdammers de vonk gaan door zwavelzuur en door salpeterzuur en kregen zo alleen zuurstof. Kennelijk is de waterstof dus afkomstig uit het water. Door deze resultaten werden Paets van Troostwijk en Deiman openlijke aanhangers van de oxydatieleer van Lavoisier.

De proef baarde veel opzien. (Afb. XV) Paets van Troostwijk besprak de resultaten op een vergadering van het Amsterdamse genootschap Concordia et Libertate op 8 december 1789 en zei terecht dat het deze proef is, ‘die wij als een voldingend bewys aanmerken, dat het water van ontvlambare lucht en zuivere lucht is saamgesteld’.[53.] De Amsterdamse apotheker Willem van Barneveld (1747-1826) besprak de proef in de winter van 1790 op 1791 op twee voordrachten gehouden voor Felix Meritis[54.] en lichtte de leer van Lavoisier toe aan de hand van een groot aantal experimenten.



XV. Van Marum vervaardigde eenvoudiger en goedkoper, maar niet minder nauwkeuriger apparatuur dan Lavoisier om de proeven waarop de nieuwe scheikunde was gebaseerd te kunnen herhalen. Met dit toestel (1790-1791) kon hij de synthese en analyse van water demonsteren door een continue verbranding van waterstof met zuurstof. Gravure naar een tekening van W. Hendriks (Teyler's Museum, Haarlem).



DE

ZAMENSTELLING

VAN HET

WATER

OP *LAVOISIERIAANSCHE* GRONDEN PROEFONDERVINDELYK VERKLAARD; EN VERSCHEIDEN NUTTIGE GEVOLGEN, DIE VOOR DE ZAMENLEEVING DAARUIT KUNNEN WORDEN AFGELEID, NAGESPOORD;

IN TWEE VERHANDELINGEN, IN DE MAATSCHAPPIJE FELIX MERITIS VOORGELEEZEN

DOOR

WILLEM VAN BARNEVELD,

Apothecar te Amsterdam en lid van verschei-den Genootschappen.

* * *

Te AMSTERDAM,

BY D'ERVEN P. MEIJER EN G. WARNARS,

MDCCXCI.

XVI. Tekst van de voordrachten, die de apotheker Willem van Barneveld in de winter van 1790 op 1791 voor de Amsterdamse Maatschappij van Verdiensten Felix Meritis hield over de samenstelling van het water.

(Afb. XVI) Hij was door deze proef overtuigd geraakt van de juistheid van de nieuwe leer.

Toen nu bewezen was dat water een samengestelde natuur bezit, werden vele aanhangers van de flogistonleer in binnen- en buitenland aanhangers van de nieuwe leer. Zo lezen we in de *Algemeene Konst-en Letter-Bode* van 25 februari 1791: ‘De nieuwe chemische Leer der Fransche Academisten, waar bij het lang veronderstelde Phlogiston vervalt, wint hoe langer hoe meer veld, en wordt thans aangenomen door verscheiden Geleerden, die dezelve eerst op 't heftigste bestreden hebben’.[55.] En op 15 juli 1791 in hetzelfde tijdschrift: ‘De veel afdoende proefnemingen der Heren Deiman en Paets van Troostwijk, te Amsterdam, om de bestanddelen of zamenstelling van het water duidelijk aan te tonen, is door verscheidene Natuur- en Scheikundigen in Engeland, Frankrijk en Duitschland, met enen doorgaans gelukkigen uitslag herhaald, en heeft reeds niet weinig toegebragt, om twyffelaars en bestryders der nieuwe lere van de Fransche Academisten te overtuigen’.[56.] In ons land liep hiermede in feite het flogistontijdperk ten einde. Tegen het eind van de achttiende eeuw werd de Nederlandse wetenschappelijke gemeenschap geconfronteerd met een groot aantal Nederlandse publikaties over de nieuwe scheikunde. Er was echter weinig discussie tussen de aanhangers van de oude en van de nieuwe leer. Meestal accepteerde men Lavoisiers scheikunde na het lezen van Van Marums *Schets* en nadat men op de bijeenkomsten van de wetenschappelijke genootschappen het experimentele bewijsmateriaal had gezien. In dat proces van overtuiging speelde het Gezelschap der Hollandsche Scheikundigen een belangrijke rol. Na hun geslaagde proeven over de analyse en synthese van water begonnen Paets van Troostwijk en Deiman direct met nieuwe gezamenlijke onderzoekingen om meer bewijsmateriaal voor Lavoisiers opvattingen te vergaren. Eind 1790 of begin 1791 richtten zij samen met Pieter Nieuwland (1764-1794), lector in wiskunde, sterrenkunde en zeevaartkunde aan het Amsterdamse Athenaeum Illustre, een gezelschap op met als doel het bevorderen van de nieuwe scheikunde. De drie geleerden nodigden de botanicus en geneesheer Nicolaas Bondt (1765-1796) uit om als vierde lid aan de activiteiten van het gezelschap deel te nemen. Na de vroege dood van Nieuwland in 1794 werd de Amsterdamse apotheker Anthonie van Lauwerenburg (1758-1820) lid van het gezelschap. Bondt, die in 1796 overleed, werd opgevolgd door de geneesheer Gerard Vrolik (1775-1859). De resultaten die door dit vriendengroepje[57.] werden verkregen, waren zo belangrijk dat vele buitenlandse geleerden meenden dat hier een groot gezelschap aan het werk was. De onderwerpen waarmee het gezelschap zich bezighield, betroffen vooral verschijnselen die betrekking hadden op resultaten uit de nieuwe scheikunde van Lavoisier. Gedurende tien jaar (het genootschap stierf in de eerste jaren van de negentiende eeuw een ‘natuurlijke’ dood) verschenen er van hun hand een groot aantal publikaties met belangrijke onderzoekingen die tot steun dienden voor de nieuwe leer. Van 1792 tot 1794 deden de leden onderzoekingen naar de natuur van de sulfiden. Uitvoerig onderzocht werden de stikstofoxyden (1793, 1801), het olievormend gas (etheen; 1794), het ethylnitraat (1794), de ontleding van koolzuur (1796), de ontleding van ammoniak door chloor (1798) en de natuur van de stikstof (1798-1800). De naam van het Gezelschap der Hollandsche Scheikundigen leeft nog voort in de triviale benaming van het 1,2-dichloorethaan: ‘olie der Hollandsche Scheikundigen’, in 1794 door hen verkregen

bij de inwerking van chloor op etheen. Belangrijk waren hun proeven over de gloeiing, welke ontstaat bij de reactie tussen metaal en zwavel bij verhitting (1793). Deze waarneming, de verbranding van metalen in verhitte zwavel zonder dat er zuurstof aanwezig is, was een ernstig bezwaar tegen de verbrandingstheorie van Lavoisier. De verklaring van de Nederlandse chemici berustte op de veronderstelling van een verandering in de warmtecapaciteit tijdens de reactie: zij meenden, dat de soortelijke warmte van het sulfide kleiner is dan de som van de soortelijke warmte van het mengsel en de smeltwarmte van de zwavel. Bij de verbranding komt dus warmte vrij, waardoor de temperatuur oploopt tot gloeihitte. De resultaten van de experimenten werden behalve in buitenlandse tijdschriften gepubliceerd in de door hen uitgegeven *Recherches physico-chymiques* (Amsterdam, 3 cahiers, 1792-1794) en de *Natuur-Scheikundige Verhandelingen* (Amsterdam, 4 delen, 1799-1808).

De laatste tien jaar van de achttiende eeuw verschenen er in ons land tal van uiteenzettingen en toepassingen van de leer van Lavoisier. Op 24 mei 1791 hield Nieuwland voor het departement natuurkunde van Felix Meritis een voordracht getiteld: *Schets van het scheikundige leerstelsel van Lavoisier*, waarin hij een overzicht gaf van de leer van Lavoisier in de vorm van ‘korte stellingen of aphorismen’, waarbij hij de *Traité élémentaire de chimie, dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes* (1789) van Lavoisier volgde. Nieuwland beschreef geen experimenten, maar gaf alleen de resultaten ervan. De lector van Felix Meritis Henricus Aeneae, leermeester van Nieuwland, gaf in 1792 een gefundeerde kritiek op de laatste stuiptrekking van de flogistonleer, het negatieve gewicht.[58.]

Een interessante figuur was de Amsterdamse apotheker Petrus Johannes Kasteleyn (1746-1794), die behalve chemisch werk ook gedichten en toneelstukken schreef.[59.] Kasteleyn was aanhanger van de flogistonleer, maar uit zijn publikaties blijkt dat hij ook goed bekend was met de denkbeelden van Lavoisier. In 1791 twijfelde hij duidelijk aan de flogistontheorie, maar was nog geen aanhanger van de nieuwe opvattingen. ‘Ik bloos derhalven geenszins te belijden, dat ik, voor als nog, niet overreed ben, om het Nieuwe Leerstelsel van den Heere Lavoisier, onbepaald, aan te neemen, even zoo min als ik [...] kan zeggen “een oude orthodoxe aanhanger van het Leerstelsel van Stahl te zijn” [...]’.[60.] Kasteleyn wilde zijn standpunt pas bepalen na een ‘alles overhaalende bevestigende beslissing, welke ik zeer wensche, dat eerlang het gevolg moge zijn’, gegeven is.[61.]

In 1792 was Kasteleyn nog steeds geen aanhanger van Lavoisier. Voor hem was flogiston eigenlijk warmtestof en had het met Stahl alleen nog maar de naam flogiston gemeen. In juni 1793 gaf Kasteleyn als nieuwe bedenking tegen de flogistonleer dat als deze juist is men moet kunnnen bewijzen dat warmtestof (calorique) een negatief gewicht heeft, dat lichtstof (lumière) geen gewicht heeft en dat daardoor flogiston een negatief gewicht heeft.[62.] Hij deed deze uitspraak naar aanleiding van een vergelijkend overzicht over de beide systemen van de Duitse chemicus Georg Friedrich Hildebrandt (1793), die zich daarin noch voor, noch tegen een van beide stelsels uitsprak. Hij beperkte zich tot een kritisch onderzoek met een sterke neiging tot de flogistonleer. Kasteleyn ging verder: Op het bezwaar van Hildebrandt dat Lavoisiers aanname van zuurstof in alle zuren even hypothetisch is als van flogiston in alle brandbare stoffen, zegt hij: ‘Zoo beide begrippen van gelijken aart zijn, beiden slechts als even waarschijnlijke onderstellingen kunnen gelden; dan moet men

toch, enkel in deeze beschouwing, toestaan: dat de toegekende zwaarte van het Oxygène verre te verkiezen zij boven de onderstelde negatieve zwaarte van het Phlogiston'.[63.] Maar terwijl Hildebrandt een jaar later wel aanhanger werd van de leer van Lavoisier, bleef Kasteleyn twijfelen. Ongetwijfeld is hij te vroeg gestorven om zich openlijk uit te spreken voor de nieuwe oxydatieleer.

Hoewel tegen het eind van de eeuw de meeste chemici in ons land aanhangers van Lavoisier waren, publiceerde nog in 1799 de Eenrumse predikant Jacobus Albertus Uilkens (1772-1825) een 'Verdediging van het antiphlogistisch scheidkundig systeem, inzonderheid van de samenstelling van het water' als antwoord op een anonyme verhandeling: 'Eenige voorloopige vraagen aan de voorstanders van het antiphlogistisch scheikundig systema, bijzonder aan hun, die stellen, dat het water uit zuurstof-gas en waterstof-gas is samengesteld'.[64.]

In 1800 verscheen de Nederlandse vertaling van Lavoisiers *Traité* als *Grondbeginselen der Scheikunde*. De vertalers Nicolaas Cornelis de Fremery (1770-1844), hoogleraar in chemie, farmacie, natuurlijke historie en anatomie aan de Universiteit van Utrecht, en Pieter van Werkhoven (1773-1815), apotheker te Utrecht, konden in het voorwoord terecht opmerken: 'Eindelijk ontvangen dan ook onze Landgenooten, in hunne taal, de Scheikunde van den beroemden Lavoisier, welke eerste uitgaave reeds voor meer dan tien jaaren in het Fransch verscheenen, en naderhand in de meeste Europeese talen overgebragt is'.[65.]

Chemische nijverheid

In 1785 schreef het in 1773 opgerichte Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen een door het lid Willem van Barneveld voorgestelde prijsvraag uit die vóór 1 oktober 1785 moest worden beantwoord. De formulering van de vraag muntte niet uit door een korte vraagstelling:

'Welke zijn de eigenlijke oorzaken, waarom de *Scheikunde* bij onze Naburen, en voor al bij de Duitschers, in meer aanzien en algemeener oeffening is, dan in ons Vaderland? - Welke is de beste wijze, om, ten minsten, in de voornaamste Steden van onze Unie, de *Scheikunde* in hare grondbeginzelen te doen onderwijzen? - Welke zijn de bekwaamste middelen, om die noodzakelijke en voor de Mensch zo heilzame kunst bij de *Artzenijmengkundigen* in algemeener oefening te brengen? - En eindelijk, hoe zoude men de deugdzaamheid der Chemische bereidingen, inzonderheid die van buiten ingevoord worden, best kunnen onderzoeken, ten einde de vervalsching voor te komen?'

Het feit dat het Genootschap het nuttig vond een dergelijke prijsvraag uit te schrijven, is een aanwijzing dat de beoefening van de scheikunde in ons land in die tijd te wensen overliet en verbetering behoefde, vooral waar het de toegepaste scheikunde betrof. Het bestuur van het Genootschap kreeg twee antwoorden binnen, die echter geen van beide volledig bevredigend werden bevonden. Toch werd de eerste ereprijs van dertig gouden dukaten of een gouden medaille van dezelfde waarde met het stempel van het Genootschap, toegekend aan het antwoord dat de Groningse apotheker Boudewijn Tieboel (1732-1814) had ingezonden. Het tweede antwoord kreeg een zilveren medaille. Schrijvers waren de Amsterdamse apothekers Theodorus Pe-

trus Schonk (1736-1812) en Petrus Johannes Kasteleyn. Beide antwoorden werden in 1786 in de Verhandelingen van het Genootschap gepubliceerd.[66.]

Dat de scheikunde in onze nabuurlanden, in het bijzonder in Duitsland, in meer aanzien stond en algemener beoefend werd dan bij ons, had volgens de schrijvers verschillende oorzaken. Tieboel wees op het feit dat de Duitsers 'eene zeer vlijtige en arbeidzame Natie'[67.] zijn die door de staat aangemoedigd worden om scheikunde te beoefenen wegens het nut ervan voor de chemische industrie. De bodem bevat veel mineralen wat tot nauwkeurig chemisch onderzoek leidt en tot uitbreiding van de chemische kennis, waaruit weer commerciële belangen kunnen voortvloeien. Er zijn in Duitsland niet minder dan tweeëndertig hogescholen, waar de scheikunde en andere natuurwetenschappen worden onderwezen door bekwame geleerden die door de vorsten van de Duitse staten worden aangetrokken tegen hoge emolumenten.

Tieboel wees er ook op dat in Duitsland fabrieken gebruik maken van scheikundigen voor het verbeteren van de toegepaste processen. Voor de farmacie is het voor de bereiding van geneesmiddelen van groot belang dat de apotheker een goede chemische scholing heeft gehad.

Ook wezen Schonk en Kasteleyn op het feit dat de scheikundebeoefening in Duitsland sterk bevorderd werd door de aanwezigheid van bodemschatten (ertsen, zouten, minerale wateren) die in ons land ontbreken. Bovendien is Duitsland veel groter dan ons land, er zijn daardoor veel meer hogescholen en een groter kans om hoogleraar te worden (!). De scheikundige staat in hoger aanzien dan bij ons want 'uit de *algemeene beoefening* volgt het *algemeene aanzien* der kunst'.[68.]

Uitvoerig gingen zowel Tieboel als zijn Amsterdamse collega's in op de vraag wat de beste manier is om in ons land scheikunde te onderwijzen. Omdat het nut van de chemie vooral in het farmaceutisch gedeelte van de geneeskunde ligt, pleitte Tieboel ervoor de 'Pharmaceutische Chemie als een apart vak te doceren' of eventueel achter een 'Cursus chemicus' te plaatsen.[69.] In iedere belangrijke stad moet men een leraar in de scheikunde (een geneesheer of een apotheker) met een behoorlijk salaris aanstellen (in steden met een hogeschool kan die taak worden opgedragen aan een hoogleraar of een lector). Zo'n leraar moet regelmatig in het Nederlands lessen geven in de farmaceutische chemie welke verplicht zijn voor leerling-farmaceuten en provisoren. Voor Tieboel was kennis van de scheikunde vooral van belang voor geneesheren en apothekers. Ze zijn daarmee in staat de zuiverheid van chemische preparaten zelf na te gaan en ze hoeven geen toevlucht meer te nemen tot 'een of andere gewinzugtigen Laborant'.[70.] Omdat het peil van kennis van de scheikunde bij de farmaceut daardoor toeneemt, ontstaat er tevens een stimulans om natuurstoffen te onderzoeken wat weer kan leiden tot het stichten van chemische fabrieken.

Schonk en Kasteleyn wezen voorts op het nut van de scheikunde voor trafieken en fabrieken. Onze katoenfabrieken bevinden zich in een kwijnende toestand omdat men geen gebruik maakt van de scheikundige wetten waarmee te berekenen is hoeveel chemicaliën men precies nodig heeft voor het betreffende proces. In de landbouw is de scheikunde nodig voor de verbetering van weilanden. En wijlen dominee De Mol zou meer succes met zijn porseleinfabriek hebben gehad als er een scheikundige bij betrokken was geweest, aldus Schonk en Kasteleyn.[71.] Deze laatste opmerking sloeg op de Nederlands-hervormde predikant Johannes de Mol (1726-1782), die in 1774 begonnen was met een porseleinfabriek in Oud-Loosdrecht die tot 1784 in

bedrijf bleef. Het bedrijf kampte spoedig met financiële problemen door een te duur produktieproces hetgeen volgens Schonk en Kasteleyn kwam omdat er geen wetenschappelijke inbreng in het produktieproces was. Evenals Tieboel pleitten ook de Amsterdamse apothekers er voor 'in elke dier Steden, een openbaar *Lector* in de Scheikunde aan te stellen, die de Scheikunde ih haare grondbeginselen in onze moederspraak, onderwees'.[72.]

Een eerste vereiste voor goed scheikunde-onderwijs is uiteraard een chemisch laboratorium. Schonk en Kasteleyn stelden voor in zes à acht steden een lector in de scheikunde te benoemen zoals Alkmaar al had gedaan, en hen een laboratorium ter beschikking te stellen. Het pleidooi had spoedig succes. In verschillende steden van ons land werden tegen het eind van de achttiende eeuw stedelijke lectores in chemie en farmacie aangesteld. Delft kreeg in 1789 Abraham van Stipriaan Luiscius (1753-1829) als lector, Rotterdam in 1796 Hendrik Willem Rouppe. Van Stipriaan Luiscius opende op 5 maart 1790 in de Waalse Kerk te Delft zijn lectoraat in de scheikunde met een 'Redenvoering over het nut der Scheikunde in het algemeen, en over derzelver invloed op de Geneeskonst in het byzonder'; Rouppe volgde op 27 september 1796 in de Grote Kerk te Rotterdam met een 'Redevoering, over den invloed der hedendaagsche scheikunde, op de oeconomische wetenschappen en artzneymengkunde'. In Dordrecht gaf de geneesheer Willem van der Leeuw (1763-1801), sinds 1785 lector in anatomie, chirurgie en verloskunde, vanaf 1798 lessen in de nieuwe scheikunde.

In Amsterdam hadden in 1784 een vijftal kooplieden (J.J. van Hagen, J.H. Johansen, J. Joosten, J. van Etten en C. van Bevoord) een voorstel bij het stadsbestuur ingediend tot de instelling van een leerstoel in de scheikunde aan het Athenaeum Illustre en wel 'uit de zuiverste gevoelens voor het Algemeen Welzyn, zo ten aanzien der Koophandel en Zeevaart, als voor de Inwooners van deeze Stad'.[73.] Het ging hen er om geneesheren, apothekers, handelaars en fabrikanten inzicht in de scheikunde te verschaffen en wel 'opzettelyk en in het openbaar in de Hollandsche Taal'. Op 26 november 1784 werden de 'Inspectores Collegii Medici' door burgemeesters om advies gevraagd. Zij vonden het 'aanstellen van een Professor, om in de Hollandsche taal, in de chymie en pharmacie te onderwyzen' niet nodig (16 december 1784). De scheikunde, voor zo ver zij dient voor de geneeskunde en de farmacie, wordt 'dagelyks in de apotheecen, al werkende, geleert'.[74.] Het nut ervan voor de koophandel konden de adviseurs uiteraard niet beoordelen.

Enige maanden later voegden twee van de Amsterdamse kooplieden, Van Hagen en Van Bevoord, aan hun adres een tweede toe waarin zij naar de bovengenoemde prijsvraag van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen verwezen. In een aangeboden nota wordt het stadsbestuur voorgesteld de stadsgeneesheer Dirk van Rhyn (1745-1817) tot 'Professor in de Chymie, Pharmacie en Materia Medica' te benoemen, ten einde die vakken zowel in het Latijn als in het Nederlands te doceren. Bovendien waren zij bereid een bedrag van 20.000 gulden te deponeren 'tot in standhouding van een Fonds'. Met ingang van 1 mei 1785 werd Van Rhyn benoemd tot Professor Chemiae, Pharmaciae et Materiae Medicae aan het Amsterdamse Athenaeum Illustre op een jaarlijks tractement van ƒ 500.-. Hij gaf zijn colleges zowel in het Latijn als in het Nederlands, maar kreeg geen laborato-

rium. Praktisch chemisch onderzoek moeten we buiten het Athenaeum zoeken. Het Gezelschap der Hollandsche Scheikundigen had waarschijnlijk de beschikking over een privé-laboratorium van de welgestelde koopman Paets van Troostwijk, waar zij hun belangrijke onderzoekingen konden uitvoeren. De florerende Amsterdamse Maatschappij van Verdiensten, ten spreuke voerende: Felix Meritis, opgericht in 1777, kreeg in 1788 in het nieuwe gebouw aan de Keizersgracht de beschikking over een chemisch laboratorium voorzien van een stookplaats en gootstenen, waterkranen en fornuizen, terwijl om ongelukken te voorkomen de vloer met gele bakstenen was bedekt.[75.] Op het goed geoutilleerde laboratium werden door vooraanstaande Amsterdamse geleerden de nieuwste ontdekkingen en ontwikkelingen in de natuurwetenschappen voor de leden gedemonstreerd, die er zelf ook konden experimenteren. Pas in 1796 ontwierpen de apothekers Van Lauwerenburg en Schonk op last van de Raad van Amsterdam (bij Resolutie van 4 mei) een plan tot de oprichting van een scheikundig laboratorium ten dienste van het onderwijs voor aanstaande apothekers, maar dit leidde niet tot de stichting van een laboratorium. Pas later heeft Van Rhyn, vermoedelijk op eigen kosten, een laboratorium in zijn woonhuis in de Staalstraat ingericht. Gerrit Jan Mulder, toen lector in de schei- en plantkunde aan de Clinische School in Rotterdam, bezocht het in 1831 en trof als laboratorium ‘een keuken en een paar onbeduidende vertrekken [aan], behoorende bij een politiehuis in de Staalstraat. In die sombere keuken en niet noemenswaardige kleine vertrekken vond ik *niets*, geen spoor van werktuigen of toestellen, geen glaswerk, geen praeparaten, in één woord: niets hoegenaamd’.[76.]

Ondanks de utilitaristische ideologie van de Verlichting kende ons land in die tijd nauwelijks belangrijke chemische industrieën. Een inventaris werd in 1800 door Johannes Goldberg (1763-1828), agent van de nationale oeconomie der Bataafsche Republiek opgemaakt.[77.] Voor Amsterdam waren van betekenis vier borax-, vier kamfer-, drie zwavel- en drie salpeterraffinaderijen, alsmede de verfindustrie. Er waren voorts fabrieken voor Berlijns Blauw (1), salmiak (3), sterk water (salpeterzuur; 2) en azijn (5) en niet minder dan 59 suikerraffinaderijen. Belangrijk was de fabricatie van verfstoffen: lakmoes (3), loodwit (4) en vermiljoen (5). Amsterdam kende tenslotte nog twee lakfabrieken, drie vernis- en terpentijnmakerijen en een meestoof. Vooral de loodwitmakerij was van oudsher van belang, hoewel Rotterdam daarvoor meer betekenis had.[78.]

De scheikunde als bedrijfstak binnen de Amsterdamse nijverheid was getalsmatig voor de werkgelegenheid van geringe betekenis. Er was voor een aantal processen wel specialistische kennis nodig, die in Amsterdam kennelijk aanwezig was. De eindprodukten verlieten de stad weer voor een groot deel, zodat de scheikunde tot de stuwende sector in de stadseconomie gerekend moest worden.[79.] Maar dat had geen betekenis voor de chemie zelf, ook niet door de verschillende oproepen tot samenwerking van chemie, handel en nijverheid. Het was Kasteleyn die daar keer op keer op wees. Reeds in hetzelfde jaar dat hij met Schonk de bovengenoemde prijsvraag van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen met succes had beantwoord, gaf hij het eerste tijdschrift op chemisch gebied in ons land uit: *Chemische Oefeningen voor de beminnaars der Scheikunst in 't algemeen en de apothekers, fabriekanten en trafiekanten in 't bijzonder* (drie delen: 1785, 1786 en 1788). Met dit tijdschrift gaf Kasteleyn de gelegenheid zuiver wetenschappelijke on-

derzoekingen te publiceren. Iedere jaargang bestond uit vier afdelingen: 'Chemische bewerkingen voor de pharmacie', 'Beproevingen wegens de echtheid of vervalsching eeniger Natuurlijke Lichgaamen en Scheikundige Praeparaten'' 'Chemische Bewerkingen voor de Oeconomie, Fabrieken en Trafieken' en 'Nieuwste ontdekkingen en verbeteringen in de Chemie'. Later gaf hij een tweede tijdschrift uit: *Chemische en Physische Oefeningen, voor de beminnaars der Schei- en Natuurkunde in 't algemeen, ter bevordering van industrie en oeconomiekunde en ten nutte van apothekers, fabrikanten en trafikanten in 't bijzonder*, waarvan de eerste twee delen (1792, 1793) door hem werden verzorgd. Het derde deel werd na zijn overlijden uitgegeven door Bondt en Deiman (1797). Bovendien publiceerde Kasteleyn een driedelige *Beschouwende en werkende pharmaceutische-oeconomische en natuurkundige chemie* (1786-1794) en begon hij naast dit onvoltooide leerboek in 1788 met de uitgave van een *Volledige Beschrijving van alle Konsten, Ambachten, Handwerken, Fabrieken, Trafieken, Derzelver Werkhuizen, Gereedschappen, enz.*, een reeks technische verhandelingen, grotendeels bewerkingen naar Franse literatuur. Tussen 1788 en 1806 verschenen 23 delen, waarvan Kasteleyn zelf acht delen verzorgde, waaronder *De Indigobereider en Blauwverver* (1788), *De sterkwaterstooker, zoutzuur- en vitrioololie bereider* (1788), *De porceleinfabriek, of volledige beschrijving der Kunst om porcelein te maaken* (1789) en *De Zeepsieder* (1791). Er verschenen in de achttiende eeuw tal van Nederlandstalige technische handboeken, waaronder een *Brouwkunde of Verhandeling van het voornaamste dat tot een Brouwery en Moutery en het Brouwen en Mouten behoort; Alsmede een korte Beschryving van het Bier, deszelfs Hoofdstoffen, enz.* (1745) van de Rotterdamse apotheker en bierbrouwer Wouter van Lis (1709-1784).

In maart 1792 hield Kasteleyn voor het departement natuurkunde van Felix Meritis een 'redevoering over den invloed der chemie op den koophandel'[80.], waarin hij uitvoerig de betekenis van de scheikunde uiteenzette, niet alleen voor de maatschappij in het algemeen, maar vooral voor de verschillende takken van nijverheid waarvoor chemische kennis onmisbaar is. Het was een krachtig pleidooi voor de chemie als zelfstandige wetenschap en een aansporing en opwekking om de beoefening ervan niet langer te verwaarlozen, maar juist krachtig ter hand te nemen. Succes had Kasteleyn met zijn oproep niet. De regeerders van stad en land die de belangen van de wetenschap moesten behartigen konden er in die tijd blijkbaar geen actieve belangstelling voor opbrengen.

Vier jaar later nam de Rotterdamse lector in de 'Schei- en Artzneymengkunde' H.W. Rouppe als onderwerp van zijn lessen zowel de technische chemie als de farmacie. In zijn oratie sprak hij zowel over het voordeel van de scheikunde voor de 'fabrikeurs' als over het onontbeerlijk nut ervan voor 'Leerlingen in de Artzneymengkunde'. Nadrukkelijk wees hij op de 'ondervinding, op welke alle steunpilaaren der Scheikunde gebouwd zyn'.[81.] Wat de invloed van de 'hedendaagsche Scheikunde op de huishoudkundige wetenschappen' betreft, ging Rouppe eerst uitvoerig in op de landbouw welke 'op natuur- en scheikundige gronden' berust en die van de scheikunde haar 'grootste hoop van haar toekomenden voorspoed' moet krijgen.[82.] De scheikunde leert ons de samenstelling van de bouwgrond en van de mest kennen.

Over het nut van de scheikunde voor de industrie was Rouppe uitvoeriger. Hij wees op het bleken van linnen, katoen en garen met 'overzuur zeezoutzuur' (chloor)

dat uit goedkope grondstoffen kan worden bereid: vitrioolzuur (zwavelzuur), keukenzout en bruinsteen. Uit de moederloog van zoutziederijen kunnen we het bitter of Engelse zout (magnesiumsulfaat) winnen dat belangrijk is voor de geneeskunde èn dat met keukenzout omgezet kan worden in glauberzout (natriumsulfaat) en magnesiumchloride. Uit het laatste kunnen we met een loogzout magnesia alba (magnesiumoxyde) verkrijgen. Allemaal geneesmiddelen die we dus zelf uit afvalprodukten kunnen maken. Zelfs het belangrijke chloor kunnen we fabriceren uit de boven verkregen zoutzure magnesia en zoutzure potas (magnesium- en kaliumchloride). Uit deze en andere voorbeelden liet Rouppe zien dat de scheikunde 'een van de bronaders van het algemeen welzyn genaamd moet worden'.[83.] Ons land kan trouwens uit veel afvalprodukten belangrijke chemische stoffen zelf maken: vlug loogzout (ammoniak) uit urine ('welke onnut word weggeworpen'), turfroet en beenderen, hoorns en klauwen van dieren. Ook voor de farmacie is de scheikunde van groot belang. Ze leert ons de bestanddelen van geneeskrachtige bronnen kennen zodat we deze zelf kunstmatig kunnen samenstellen. Met behulp van chemische kennis maken we aqua mephitica alcalina (een geneesmiddel tegen blaasstenen), soda phosphorata (een purgeermiddel), enz. Een 'Apothecar zonder Scheikundige inzichten, [moet] niets dan een geheel onzeker werkende machiene [...] genaamd worden, daar hy integendeel door haar ingelicht een waardig en onontbeerlyk lid der maatschappy word', roept Rouppe uit.[84.] Veel invloed op de ontwikkeling van de chemische industrie in die tijd heeft dit allemaal echter niet gehad.

Eindnoten:

1. E.F. Geoffroy, *Mémoires de Mathematique et de Physique de l'Académie Royale des Sciences*, 1718, pp. 200-212
2. A.M. Duncan, 'Some theoretical aspects of eighteenth-century tables of affinity', *Annals of Science* 18(1962)177-194, 217-232
3. P.J. Macquer, *Grondbeginsels der bespiegelende scheikunde* (Dordrecht, Rotterdam, 1773), p. 281
4. G.E. Stahl, *Zymotechnia fundamentalis seu fermentationis theoria generalis* (Halle, 1697) en *Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit von dem sogenannten Sulphure* (Halle, 1718)
5. F.W. Gibbs, 'Boerhaave's chemical writings', *Ambix* 6(1958)117-135. Over Boerhaave: G.A. Lindeboom, *Herman Boerhaave. The man and his work* (Londen, 1968)
6. In: W. Burton, *An account of the Life and Writings of Herman Boerhaave* (Londen, 1742, 1746). Vol. I, p. 203. Zie voorts: E. Cohen, *Herman Boerhaave en zijne Beteekenis voor de Chemie.* Met eene Vertaling van Boerhaave's Natuurwetenschappelijke Redevoeringen en Verhandelingen door M. Renkema (z.p., 1918); E.O. von Lippmann, 'Boerhaave als Chemiker'. In: *Memorialia Herman Boerhaave Optimi Medici* (Haarlem, 1939), pp. 67-77; F.W. Gibbs, *The Life and Work of Herman Boerhaave. With Particular Reference to his Influence in Chemistry*. Unpublished Thesis University of London. 1949
7. In Engelse vertaling in: *Boerhaave's Orations*. Translated with introduction and notes by E. Kegel-Brinkgreve and A.M. Luyendijk-Elshout (Leiden, 1983), pp. 85-120 en 180-213
8. H. Boerhaave, *Oratio de usu ratiocinii Mechanici in Medicina* (Leiden, 1703), p. 3
9. H. Boerhaave, *idem*, p. 20
10. W. de Lange, *Boerhaave's 'Elementa Chemiae'*. Dissertatie Leiden 1884 (Rotterdam, 1884); A. Robertson, *Boyle en Boerhaave beschouwd als scheikundigen*. Dissertatie Amsterdam 1887 (Rotterdam, 1887)
11. H. Boerhaave, *Elementa Chemiae* (Leiden, 1732), deel I, p. 30

12. R. Love, ‘Some sources of Herman Boerhaave's concept of fire’, *Ambix* 19(1972)157-174 en ‘Herman Boerhaave and the element-instrument concept of fire’, *Annals of Science* 31(1974)547-559. Zie ook: H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Parijs, 1930)
13. H.A.M. Snelders, ‘Georg Ernst Stahl's Phlogiston und Herman Boerhaave's Pabulum Ignis. Eine vergleichende Analyse’, *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle - Wittenberg* 66 (E 73) 1985, pp. 177-187
14. Naar F.W. Gibbs, *The Life and Work of Herman Boerhaave*. Thesis University of London, 1949, Part II, p. 127 noot
15. F.W. Gibbs, *idem*, p. 126
16. H. Boerhaave, ‘De Mercurio Experimenta’, *Philosophical Transactions of the Royal Society* 38(1733)145-147; 39(1736)343-359, 368-376, *De Mercurio Experimenta* (Utrecht, 1735) en ‘Proefondervindingen omtrent het Kwikzilver’. In: *Uitgelezen Natuurkundige Verhandelingen* (Amsterdam, 1735), deel I, stuk 2, pp. 339-369. Een Nederlandse vertaling van de artikelen uit de Philosophical Transactions is in E. Cohen, *Herman Boerhaave en Zijne Beteekenis voor de Chemie*, 1918, pp. 116-150
17. J.J. Blanksma, ‘Over kwik, kwikoxyden, kwiksulfiden, cinnaber en vermiljoen’, *Chemisch Weekblad* 44(1948)456-464. Blanksma was van mening dat Boerhaave bij zijn destillaties zwaar kwik zou hebben verkregen. Zie: W.F. Alewijn, ‘Boerhaave en zwaar kwik’, *Chemisch Weekblad* 45(1949)94 en Blanksma, ‘Boerhaave en zwaar kwik’, *idem*, pp. 94-96
18. H. Boerhaave, *Elementa Chemiae*, deel II, p. 317. Zie: H.J. Backer, ‘Boerhaave's ontdekking van het ureum’, *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 87(1943), deel II, pp. 1274-1278
19. E. Cohen en W.A.T. Cohen- de Meester, ‘Daniel Gabriel Fahrenheit (geb. te Danzig 24 Mei 1686; overl. te 's-Gravenhage 16 Sept. 1736)’, *Chemisch Weekblad* 33(1936)374-393, 34(1937)727-730; *Fahrenheit's letters to Leibniz and Boerhaave*. Edited, translated and annotated by P. van der Star (Amsterdam, 1983)
20. R. Hooykaas, *Rede en ervaring in de natuurwetenschap der XVIIIe eeuw* (Loosduinen, 1946) en ‘De natuurwetenschap in “de eeuw der genootschappen”’. In: *NG 200: Natuurkundig Gezelschap te Utrecht 1777-1977* (Utrecht, 1977), pp. 11-38; H.A.M. Snelders, ‘Het departement natuurkunde van de Maatschappij van Verdiensten Felix Meritis’, *Documentatieblad Werkgroep 18e Eeuw* 15(1983)197-214 en ‘De natuurwetenschappen in de lokale wetenschappelijke genootschappen uit de eerste helft van de negentiende eeuw’, *Negentiende Eeuw* 7(1983)102-122. Vgl.: W.W. Mijnhardt, *Tot Heil van 't Menschdom. Culturele genootschappen in Nederland, 1750-1815* (Amsterdam, 1988)
21. H.A.M. Snelders, ‘Die Rezeption der Phlogiston-Theorie in den Niederlanden’, *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* 29 (T 31) 1979, pp. 20-34
22. H.D. Gaubius, ‘Luna fixata Ludemanni’. In: *Adversiorum varii argumenti* (Leiden, 1771), deel I, pp. 113-124. Over Gaubius: S.W. Hamers-van Duynen, *Hieronymus David Gaubius (1705-1780). Zijn correspondentie met Antonius Nunes, Ribero Sanches en andere tijdgenoten* (Assen en Amsterdam, 1978)
23. P. van Musschenbroek, *Institutiones Physicae* (Leiden, 1748), p. 32 en *Introductio ad philosophiam naturalem* (Leiden, 1762), deel I, pp. 42-43. Zie over hem: C. de Pater, *Petrus van Musschenbroek (1692-1761), een Newtoniaans physicus*. Dissertatie Utrecht 1979 (Utrecht, 1979)
24. H.A.M. Snelders, ‘Het onderzoek van Didericus de Smeth over de vaste lucht (1772)’, *Scientiarum Historia* 14(1972)181-200
25. H.A.M. Snelders, ‘De chemische voordrachten van Willem de Loos (circa 1770)’, *Tijdschrift der Geschiedenis van de Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 2(1919)168-175
26. H.P.M. van der Horn van den Bos, *De Nederlandsche Scheikundigen van het laatst der vorige eeuw. Een onderzoek naar hunne verdiensten, en aanwijzing van den invloed, dien zij hebben uitgeoefend ter bevestiging en uitbreiding van de theorie van Lavoisier* (Utrecht, 1881) en *Het Aandeel, dat de Scheikundigen van Frankrijk, Engeland, Duitschland en Noord- en Zuid-Nederland hebben gehad in het tot algemeene erkenning brengen van het Systeem van Lavoisier* (Amsterdam, 1895). Zie over Van der Horn van den Bos: W.P. Jorissen, *Chemisch Weekblad* 10(1913)1042-1046. Zie voorts: H.A. Das, ‘De introductie van de moderne scheikunde in Nederland’, *Chemisch Weekblad* 64(1968)11-17,29 en H.A.M. Snelders, ‘The New Chemistry in the Netherlands, *Osiris* (2)4(1988)121-145
27. G.C.B. Suringar, *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde* (2)6(1870), tweede afdeeling, pp. 32-39
28. W.D. Hackmann, *John and Jonathan Cuthbertson: The Invention and Development of the Eighteenth-Century Plate Electrical Machine* (Leiden, 1973)
29. M. van Marum, *Beschryving eener ongemeen groote Electrizeer-Machine, geplaatst in Teyler's Museum te Haarlem, en van de proefneemingen met dezelve in 't werk gesteld* (Haarlem, 1785), pp. 182-205. Zie: *Martinus van Marum. Life and Work*. Editors: R.J. Forbes, E. Lefebvre en J.G. de Bruijn (Haarlem, Leiden, 1969-1976, 6 delen) en *Een elektriserend geleerde. Martinus van*

Marum 1750-1837*. Redactie A. Wiechmann en L.C. Palm (Haarlem, 1987), i.h.b.H.A.M. Snelders, 'Martinus van Marum en de natuurwetenschappen', pp. 155-182

30. M. van Marum. *Life and Work*, deel II, p. 32
31. R. Hooykaas, *De chemische omwenteling. Lavoisier* (Arnhem, 1952)
32. A.L. Lavoisier, *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* 1783 (1786), pp. 505-538
33. M. van Marum, *Life and Work*, deel II, p. 34
34. M. van Marum, *idem*, p. 37
35. Mathurin Jacques Brisson (1723-1806), bioloog en fysicus en hoogleraar aan de École Centrale in Parijs.
36. M. van Marum, *idem*, p. 43
37. M. van Marum, *idem*, p. 45
38. M. van Marum, *Life and Work*, deel VI, pp. 193-194
39. M. van Marum, *Eerste vervolg der proefneemingen, gedaan met Teyler's electrizeermachine* (Haarlem, 1787), pp. 235-266. Zie: *Schets der Leere van Lavoisier door Martinus van Marum. 1787 - Facsimile - 1987*. Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging. Met een voorrede van A.H.C.A. Wiechmann, een inleiding van H.A.M. Snelders en annotaties van Jan W. van Spronsen (Den Haag, 1987)
40. M. van Marum, *idem*, p. 233
41. A.L. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie* (Parijs, 1789), deel I, p. 203
42. M. van Marum, *Eerste vervolg der proefneemingen*, p. 249
43. M. van Marum, *idem*, p. 265
44. H.A.M. Snelders, 'Lambertus Bicker (1732-1801). An early adherent of Lavoisier in the Netherlands', *Janus* 67(1980)101-123
45. H.A.M. Snelders, 'De Utrechtse chemicus Alexander Petrus Nahuys (1737-1794)', *Jaarboek Oud-Utrecht* 1980, pp. 128-148
46. A.P. Nahuys, *Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen* 5(1789)1-172
47. [Anonym], *idem* 5(1789)173-634
48. A.P. Nahuys, *Verhandelingen*, p. 54
49. A. Paets van Troostwijk en J.R. Deiman, *Verhandelingen, uitgegeeven door de Hollandsche Maatschappye der Weetenschappen te Haarlem* 24(1787)59-410
50. A.P. Nahuys, *Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen* 5(1789)144-172
51. A.L. Lavoisier, *Oeuvres* (Parijs, 1862), deel II, p. 337
52. A. Paets van Troostwijk en J.R. Deiman, *Observations sur la physique* 35(1789)369-378. Vgl.: H.A.M. Snelders, 'The Amsterdam Experiment on the analysis and synthesis of water (1789)', *Ambix* 26(1979)116-133
53. A.P. Paets van Troostwijk, 'Schets der nieuwe ontdekkingen omtrent het water, voorgeleezen in het genootschap Concordia et Libertate', *Algemeen Magazijn, van Wetenschap, Konst en Smaak* 4(1790)909-941 (925)
54. W. van Barneveld, *De zamenstelling van het water. Op Lavoisieriaansche gronden proefondervindelyk verklaard; en verscheidene nuttige gevolgen, die voor de zamenleeving daaruit kunnen worden afgeleid, nagespoord* (Amsterdam, 1791) en in *Algemeen Magazijn, van Wetenschap, Konst en Smaak* 5(1791), I, 863-932
55. *Algemeene Konst- en Letter-Bode* 6(1791)58
56. *Algemeene Konst- en Letter-Bode* 7(1791)17
57. H.A.M. Snelders, *Het Gezelschap der Hollandsche Scheikundigen. Amsterdamse chemici uit het laatste kwart van de achttiende eeuw* (Amsterdam, 1980)
58. [H. Aeneae], 'De Wederlegging van het zogenaamde verbeterde Stahliaansche Leerstelzel', *Algemeene Konst-en Letter-Bode* 9(1792)20-21, 34-35, 51-52, 77-79, 94-95, 131-133
59. Zie bijv. 'De Alchymist' (1778), in: P.J. Kasteleyn, *Oorsprongelijke Dichtwerken* (Amsterdam, 1783), deel II, pp. 73-88
60. P.J. Kasteleyn, *Chemische en Physische Oefeningen* (Leiden, 1793), deel I, p. 471 (gedateerd november 1791). Vgl. pp. 375-388 (gedateerd 12 maart 1792), waar eveneens duidelijk twijfel over de flogistonleer wordt uitgesproken, zonder dat Kasteleyn zich uitspreekt voor Lavoisier. Zie: H.P.M. van der Horn van den Bos, 'P.J. Kasteleyn (1746-1794). Een Amsterdams chemicus uit het laatste kwart der 18e eeuw'. *Chemisch Weekblad* 11(1914)7-26
61. P.J. Kasteleyn, *idem*, p. 472
62. P.J. Kasteleyn, *idem*, deel III (1797), pp. 76-77 (gedateerd juni 1793). Dit deel is na de dood van Kasteleyn uitgegeven door Bondt en Deiman.
63. P.J. Kasteleyn, *idem*, p. 78
64. J.A. Uilkens, *Algemeene Vaderlandsche Letter-Oefeningen* 1799. Tweede stuk, pp. 473-481, 524-531 en anonym, *idem* pp. 260-264
65. A.L Lavoisier, *Grondbeginselen der Scheikunde* (Utrecht, 1800, 2 delen). Deel I, p. V. In hetzelfde jaar verscheen de Nederlandse vertaling van de *Philosophie chimique, ou vérités fondamentales de la chimie moderne, disposées dans un nouvel ordre* (Leiden, 1793) van Lavoisiers

medestander A.F. de Fourcroy als: *Scheikundige wijsbegeerte, of grondwaarheden der hedendaagsche scheikunde, op een nieuwe wijze gerangschikt* (Amsterdam, 1800)

66. B. Tieboel, *Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen* 4(1786), eerste stuk, pp. 1-107; Th.P. Schonk en P.J. Kasteleyn, *idem*, pp. 109-183
67. B. Tieboel, *idem*, p. 2
68. Th.P. Schonk en P.J. Kasteleyn, *idem*, p. 125
69. B. Tieboel, *idem*, p. 65
70. B. Tieboel, *idem*, p. 81
71. Th.P. Schonk en P.J. Kasteleyn, *idem*, p. 151
72. Th.P. Schonk en P.J. Kasteleyn, *idem*, pp. 155-156
73. W.P. Jorissen, *Chemisch Weekblad* 8(1911)501-502
74. W.P. Jorissen, *Chemisch Weekblad* 8(1911)502
75. H.A.M. Snelders, 'Het departement natuurkunde van de Maatschappij van Verdiensten Felix Meritis in het eerste kwart van zijn bestaan', *Documentatieblad Werkgroep Achttiende Eeuw* 15(1983)197-214
76. G.J. Mulder, *Getuigenis in zake Hooger Onderwijs* (Rotterdam, 1876), p. 323
77. *Journael der reize der agent van nationale oeconomie der Bataafsche Republiek (Ao. 1800)*, Tijdschrift voor staathuishoudkunde en statistiek 18(1859) en 19(1860). Over Amsterdam: 19(1860)185-186
78. J. MacLean, 'Reijer Hendrik van Someren (1787-1851), promotor van de Nederlandse scheikundige technologie', *Rotterdams Jaarboekje* 1977, pp. 190-208
79. H. Diederiks, *Een stad in verval. Amsterdam omstreeks 1800 demografisch, economisch, ruimtelijk.* Dissertatie Amsterdam 1982 (Meppel, 1982), pp. 161-165
80. P.J. Kasteleyn, *Chemische en physische oefeningen* (Leiden, 1793), deel II, pp. 1-30
81. H.W. Rouppe, *Redevoering, over den invloed der hedendaagsche scheikunde, op de oeconomische wetenschappen en artzneymengkunde* (Rotterdam, 1796), p. 13.
82. H.W. Rouppe, *idem*, p. 16
83. H.W. Rouppe, *idem*, p. 30
84. H.W. Rouppe, *idem*, p. 53

V. De scheikunde in Nederland in de negentiende eeuw

Inleiding

Hoewel in de laatste decennia van de achttiende eeuw de scheikunde in ons land een bloeiperiode beleefde, was er weinig stimulans vanuit het hoger onderwijs. Scheikunde werd daar nog steeds vrijwel alleen als hulpwetenschap beoefend door medici en farmaceuten en nauwelijks beschouwd als zuivere wetenschap. Ze werd onderwezen in de medische faculteit, dikwijls op een zeer gebrekkige wijze. De gesignaleerde bloeiperiode heeft dan ook slechts kort geduurd. Al op 21 juni 1801 schreef Jan Rudolph Deiman aan Alexander Nicolaus Scherer (1771-1824) in Leipzig: ‘In unsrer Republik macht die Chemie nur langsame Fortschritte. An einheimische Producten sind wir wenigstens sehr arm [...]. Unsre Chemiker, in dem eigentlichen Sinne des Worts, sind zufrieden, wenn sie mit den neuern Erfahrungen sich bekannt machen können. Aufrichtig zu gestehen, stehen auch die Erfahrungen, welche seit Kurzem in der Chemie gemacht worden sind, noch so wenig mit dem Ganzen in Verbindung, dass dazu ein mehr als gewöhnlicher Kopf erfordert wird, sie gehörig zu ordnen, um ihren wahren Werth zu bestimmen’.[1.]

Toen in 1810 keizer Napoleon een einde maakte aan het Koninkrijk Holland door ons land in te lijven bij Frankrijk, had dat tot gevolg dat alle instellingen van hoger onderwijs gecentraliseerd moesten worden in de ‘Université impériale’. Uit het *Rapport sur les établissemens d'instruction publique en Hollande, et sur les moyens de les réunir a l'université impériale*, dat in de zomer van 1811 door de zoöloog Georges Cuvier (1769-1832) en de voormalige Franse gezant in Den Haag Jean François Michel Noëll (1755-1841) in opdracht van de keizer was opgesteld, blijkt duidelijk de treurige toestand van het chemisch onderwijs in ons land. Het chemisch laboratorium in Leiden was relatief goed voorzien van instrumenten, maar dat van Utrecht was klein en slecht toegerust. Groningen en Deventer hadden geen chemisch laboratorium, terwijl Franeker en Harderwijk een slecht laboratorium bezaten dat vrijwel geen instrumenten bezat.[2.]

De beoefening van de universitaire scheikunde in de Franse tijd stond daardoor op een laag niveau. Op 3 maart 1807 schreef Sebald Justinus Brugmans (1763-1819), die sinds 1795 in de medische faculteit van de Leidse Hogeschool theoretische en praktische scheikunde onderwees: ‘Het Laboratorium Chemicum is te klein en te donker, en er ontbreeken verscheidene fournuisen en scheikundige werktuigen van de nieuwste uitvinding. Met dat al kunnen er de meeste scheikundige bereidingen verricht worden, hoewel gebrekkig voor zoverre tot dezelve ene zeer groote hitte vereischt wordt’.[3.]

In deze situatie kwam in beginsel een einde met het 'Besluit, waarbij de organisatie van het Hooger-Onderwijs in de Noordelijke Provinciën wordt vastgesteld' van 2 augustus 1815.[4.] De drie hogescholen in Leiden, Groningen en Utrecht kregen ieder vijf faculteiten, één meer dan daarvoor door de splitsing van de oude filosofische faculteit in een faculteit van wis- en natuurkundige wetenschappen en een faculteit van bespiegelende wijsbegeerte en letteren. Hiermee werden alle natuurwetenschappelijke vakken losgekoppeld van de medische en de (oude) filosofische faculteit en ondergebracht in één nieuwe faculteit waar vier hoogleraren onderwijs gaven in wiskunde, sterrenkunde, scheikunde, plant- en dierkunde en landhuishoudkunde. Bovendien sprak het Organiek Besluit met nadruk over een chemisch laboratorium: 'Er zal mede aan elke der hooge scholen [namelijk te Leiden, Utrecht en Groningen] een chemisch *laboratorium* zijn. Curatoren zullen voor een noodig en geschikt lokaal te dien einde zorgen, en aan de bestaande *laboratoria* van tijd tot tijd zoodanige verbeteringen maken, als zij met overleg van den hoogleeraar in de scheikunde het meest nuttig zullen oordeelen'.[5.]

Van belang was de verplichting voor medische studenten om eerst het kandidaatsexamen in de wis- en natuurkundige wetenschappen, dat wil zeggen 'een examen in de wiskunde, natuurkunde en kruidkunde, en de gronden der algemeene scheikunde' af te leggen alvorens met de eigenlijke studie voor het kandidaatsexamen in de geneeskunde te kunnen beginnen. Dit had tot gevolg dat het scheikunde-onderwijs vooral gericht was op de medische studenten omdat er slechts weinig inschrijvingen waren in de faculteit van wis- en natuurkundige wetenschappen wegens het ontbreken van een beroepsperspectief.

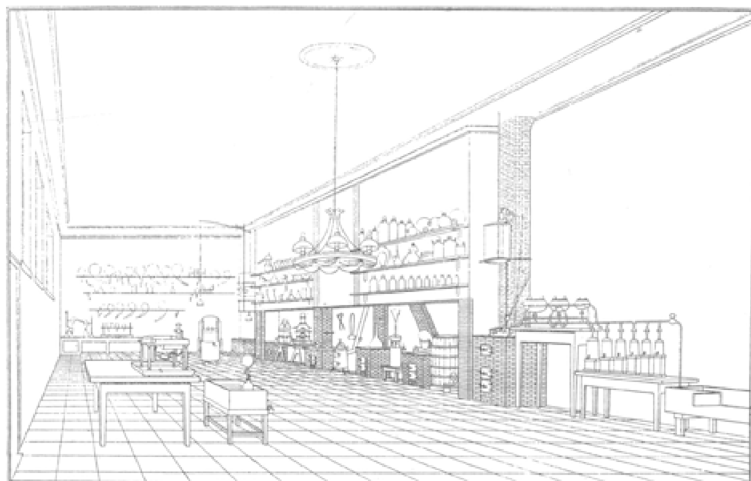
De scheikunde bleef voorlopig van weinig betekenis. In Leiden was Anthony Hendrik van der Boon Mesch (1804-1874) in 1826 benoemd tot lector bij de faculteit van wis- en natuurkundige wetenschappen, 'bijzonder met het oogmerk om hem te doen onderwijs geven in de scheikunde in het Industrie Collegie en in de Industrie School'. Dit was onderdeel van de economische stimuleringspolitiek van Willem I, een middel om de Leidse ingezetenen, van fabrikant tot leerjongen, inzicht bij te brengen in de nieuwste vindingen van scheikunde en werktuigkunde.[6.] Van der Boon Mesch doceerde technische, medische en farmaceutische chemie. In 1829 werd hij buitengewoon en in 1836 gewoon hoogleraar in de scheikunde en vanaf 1844 tot zijn emeritaat in 1873 doceerde hij de gehele chemie.

Van der Boon Mesch was een behoorlijk, zij het geen internationaal bekend scheikundige.[7.] In het midden van de vorige eeuw werd de scheikunde in ons land op internationaal niveau alleen door G.J. Mulder in Utrecht beoefend. Van der Boon Mesch' verdiensten voor de scheikunde liggen vooral in de technische toepassingen ervan. Hij maakte deel uit van het hoofdbestuur van de Nederlandsche Maatschappij ter bevordering van Nijverheid en was een van de oprichters van het *Tijdschrift ter bevordering van Nijverheid* (1833), waarvan hij tot 1872 hoofdredacteur was en waarin zijn meeste publikaties zijn verschenen. In zijn *Oratio de chymiae artibus conjunctae fine et officio* van 9 mei 1829, schetste hij de weg die hij in zijn wetenschappelijk leven zou volgen: de toepassing van de scheikunde op het fabriekswezen en de landbouw. Het onderwijs van Van der Boon Mesch was dan ook niet bijzonder gericht op de theoretische scheikunde, zoals duidelijk uit zijn driedelig *Leerboek der Scheikunde, met toepassing op kunsten en fabryken* (1831-1835) blijkt. Voor Van

't Hoff zou dat de reden zijn om zijn studie in Leiden af te breken en naar August Kekulé in Bonn te gaan (1872). Van der Boon Mesch' redelijk ingericht laboratorium (1828) was voornamelijk bedoeld voor het onderwijs in de technische chemie, niet voor de algemene opleiding van de studenten. (Afb. XVII) Leiden kreeg pas in 1859 een nieuw, hoewel geen bijzonder goed, chemisch laboratorium op de Ruïne dat geheel volgens de plannen van Van der Boon Mesch was opgezet.

In Groningen, waar Sibrand Stratingh (1785-1841) in 1824 Petrus Driessen (1753-1828) opvolgde, was de situatie niet veel beter. Driessen had vanaf 1798 colleges over chemische technologie gegeven en met zijn studenten de fabrieken in de provincie bezocht. Hij deed evenals zijn opvolger Stratingh vooral praktische chemischtechnische onderzoekingen. Stratingh had een uitstekend privé-laboratorium, maar deed geen enkele poging een universiteitsonderwijslaboratorium te stichten. Zijn opvolger Claas Mulder (1796-1867) was in de eerste plaats zoöloog en had geen echte belangstelling voor de scheikunde. Tot 1851 werd met de komst van Petrus Johannes van Kerckhoff (1813-1876) in Groningen vrijwel geen chemisch onderzoek gedaan.

Hetzelfde geldt voor het Athenaeum Illustre van Amsterdam, waar pas met de komst van Edouard Henri von Baumhauer (1820-1885), die in 1848 de wetenschappelijk onbeduidende Willem Simon Swart (1807-1847) opvolgde, de eerste scheikundehoogleraar van enige betekenis kwam. Weliswaar had Von Baumhauer geen deel aan de nieuwe scheikunde van zijn tijd. Hij vond voldoende prikkel en stof tot scheikundige arbeid uit de aanleidingen en behoeften die de maatschappelijke en



XVII. Het scheikundige laboratorium van A.H. van der Boon Mesch in Leiden. Afgebeeld in het eerste deel van zijn Leerboek der scheikunde, met toepassing op kunsten en fabryken *(1833).*

industriële omgeving hem bood. In 1864 verliet hij Amsterdam en werd secretaris van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem.

Een verandering in deze situatie kwam toen Gerrit Jan Mulder(1802-1880) in 1840 benoemd werd tot scheikundehoogleraar in Utrecht. Hier lukte het hem in 1845 een nieuw chemisch laboratorium te krijgen, waar hij een groot aantal studenten opleidde tot chemicus. Een ieder, die in die tijd scheikundige wilde worden, moest Mulders laboratorium bezoeken. Het waren dan ook Mulders promovendi die later hoogleraar werden aan de universiteiten van Utrecht en Groningen, aan de athenaea van Maastricht, Amsterdam en Deventer en aan de Polytechnische School in Delft. Met Mulder en diens promovendi zou een nieuw tijdperk aanbreken in de geschiedenis van de scheikunde in ons land.

De scheikunde in Nederland tot omstreeks 1840

In het begin van de negentiende eeuw was de scheikunde nog steeds geen zelfstandige studierichting aan onze universiteiten. Ook na 1815, met de invoering van een afzonderlijke faculteit van wis- en natuurkundige wetenschappen, bleef het onderwijs in de scheikunde vooral hulpvak voor de medische studie. Economisch nut had de chemie in ons land toen nauwelijks, dit in tegenstelling tot Duitsland en Engeland waar de chemische industrie sterk opkwam. Daar werden chemische laboratoria met een institutioneel karakter gesticht: door Justus Liebig in Giessen (1824) en reeds daarvoor door Thomas Thomson in Glasgow (1817).[8.] Vooral het laboratorium van Liebig kreeg spoedig grote faam als onderwijslaboratorium. Reeds eerder kende men chemische laboratoria waar studenten konden worden opgeleid, maar deze inrichtingen werden gekenmerkt door hun privékarakter. Men kon niet zomaar bij Jöns Jacob Berzelius in Stockholm of bij Joseph-Louis Gay-Lussac in Parijs gaan werken: men werd daartoe uitgenodigd. Zoals we zagen waren de meeste scheikundehoogleraren uit de nieuwe faculteit van wis- en natuurkundige wetenschappen meer praktisch dan theoretisch geïnteresseerd; zij hebben daardoor in het algemeen weinig bijgedragen tot de toenmalige nieuwe ontwikkelingen in de scheikunde.

In 1844 concludeerde Hendrik baron Collot d'Escury, heer van Heinenoord (1773-1845), die zijn dagen grotendeels doorbracht met letterkundige studies en in de loop van zijn leven talloze gegevens over de beoefening van kunsten en wetenschappen in ons land had verzameld, dat in de natuurkunde ‘wij in de beoefening van dezen tak van wetenschap niet zijn achterlijk gebleven, en dat de onzen zeer wel geweten hebben, hunne theoretische kennis in nuttige toepassing te brengen, en als het ware in de praktische wereld over te planten’.[9.] Deze praktische wetenschapsbeoefening geldt ook voor de scheikunde ‘die over het algemeen in Europa tot eene hoogte opgeklommen is, aan welke men vroeger naauwelijks had kunnen denken, ook in ons vaderland steeds beoefenaren heeft aangetroffen, die haar gebied hebben uitgebreid, waardoor wij, naar gelang van de kleine uitgestrektheid onzes lands, niet weinig hebben medegewerkt, tot het dienstbaar maken van dezen tak der natuurwetenschappen aan het algemeen maatschappelijk nut’.[10.] Hoewel de scheikunde met het probleem kampt dat er in ons land geen mijn- en delfstoffen zijn, hebben ‘wij ge-

daan [...] wat wij konden, en alzoo in dit vak van wetenschap niet zonder eenige vermaardheid gebleven zijn'.[11.]

Die praktische instelling van de Nederlandse scheikundige leidde nauwelijks tot zuivere speculatie zoals we in die tijd bij een aantal Duitse *Naturphilosophen* tegenkomen.[12.] Een uitzondering is Hendrik Carel van der Boon Mesch (1795-1831), die ad interim van september 1822 tot mei 1823 de scheikundelessen in Leiden waarnam en daarna hoogleraar chemie werd aan het Amsterdamse Athenaeum Illustre. Als student schreef hij een - naderhand bekroond - antwoord op de door de Leidse Hogeschool uitgeschreven prijsvraag: 'Op welke wijze handhaaft de natuur de verhouding tussen de dichtsbij zijnde elementaire bestanddelen van de atmosfeer' (1817). Van der Boon Mesch onderscheidde hierin 'vires dynamicae' en 'vires mechanicae et chemiae' en ging van het 'natuurfilosofische' beginsel uit dat het verrukkelijk is te zien hoe uit een schijnbare strijd tussen tegengestelde krachten harmonie en evenwicht in de natuur tot stand komen.[13.] Terecht waarschuwde Jacob Gijsbertus Samuel van Breda (1788-1867), die chemie, botanie en farmacie aan het Athenaeum van Franeker doceerde, de jonge enthousiaste student voor dit 'uit de wartaal der Duitsche Natuur-Philosophie' overgenomen woordgebruik.[14.] Maar chemici die zich expliciet op de *Naturphilosophie* van de Duitse filosoof Schelling beriepen, zoals de Franeker hoogleraar Claas Mulder, waren in ons land witte raven. En dan nog ging Mulder niet verder dan alleen alles in de natuur te verklaren door conflicten aan te nemen tussen aantrekkende en afstotende krachten waaruit de gehele materie is opgebouwd.[15.]

In tegenstelling tot Claas Mulders aanvaarding van een dynamische materieconstructie, waren de meeste Nederlandse scheikundigen aanhangers van de atoomtheorie van John Dalton (1766-1844), die het aantal soorten atomen gelijk stelde aan dat van de eenvoudige stoffen en bovendien de atoomtheorie combineerde met de kwantitatieve wetten van de chemische binding en elk element kenmerkte door een getal, het (relatieve) atoomgewicht.[16.] Ze toonden echter geen belangstelling voor de metafysische implicaties van die theorie (waarom veranderen de eigenschappen van de elementen in de verbindingen als deze bestaan uit een aaneenligging van de atomen in het molecuul?), noch voor de problemen met de ervaring (de door Dalton op grond van zijn theorie verworpen wetten van Gay-Lussac en Avogadro).

Zo nam Anthony Hendrik van der Boon Mesch in zijn *Leerboek der scheikunde* (1831) zonder commentaar de elektrochemische bindingstheorie van de Zweed Berzelius (1779-1848) uit 1811 aan, die gebaseerd was op de atoomtheorie.[17.] De Groningse hoogleraar Sibrandus Stratingh stond, zoals veel van zijn buitenlandse collega's, sceptisch tegenover het door Dalton en anderen (waaronder Berzelius) aangenomen werkelijke bestaan van atomen, hoewel hij er op praktische gronden gebruik van maakte als een werkhypothese, een hypothese die niet waar behoeft te zijn in de natuur, maar wel bruikbaar is voor de berekening.[18.] Stratingh gebruikte equivalenten, die hij atomen noemde. In 1824 publiceerde hij een artikel over 'Chemische Atomen', waarin hij atoommodellen beschreef die hij voor zijn colleges gebruikte[19.]: 'Ten einde [...] zich de grondstoffen in hare verhoudingen en verschillende verbindingen meer eenvoudig en gemakkelijk voortestellen of te doen voorstellen, heb ik teerlingen van hout doen vervaardigen en met papier overdekt, daarop de verschillende atomen en derzelver verhoudingen aangewezen'. Op een zijde van de 'ato-

mistische teerling' staat het atoomsymbool met het 'atomistische getal' en op de vijf andere zijden veelvouden ervan. Zo stonden op de zes kanten van de zwaveldobbelsteen het zwavelatoom (S= 16), een dubbel zwavelatoom (S_2 = 32), onderzwaveligzuur (SO = 24), zwaveligzuur (SO_2 = 32), zwavelzuur (SO_3 = 40) en twee 'atomen' zwavelzuur (2 SO_3 = 80). Plaatsen we nu de kant S = 16 van de zwaveldobbelsteen naast de kant Fe = 28 van de ijzerdobbelsteen, dan krijgen we 'gezwaveld ijzer' FeS. Plaatsen we Fe = 28 naast S_2 = 32, dan krijgen we het 'bisulphureet' FeS_2. Om alle chemische verbindingen samen te kunnen stellen, had Stratingh meer dan zestig dobbelstenen 'uit bordpapier of ligt hout ter grootte van 5 ned. dm. vervaardigd' nodig.[20.]

In 1827 publiceerde Stratingh zijn boek: *Beknopt overzigt over de leer der Stochiometrie, dienstbaar gemaakt ter verklaring en aanwending van stochiometrische beweegbare cirkels*. 'Daar tegenwoordig de kennis van de atomistische verhouding der ligchamen, bij den hedendaagschen toestand der Scheikunde, eene volstrekte behoefte geworden is ter verklaring of voorstelling van de juiste zamenstelling der ligchamen, en deze leer, hoe ver reeds gevorderd, echter nog niet tot die volkomenheid gebragt is, als zij wel eenmaal zal kunnen bereiken, zoo zal iedere bijdrage tot dezelve, of ook tot gemakkelijker voorstelling van deze leer, niet ondienstig kunnen gehouden worden'.[21.] Stratinghs bijdrage hiertoe zijn zijn dobbelstenen, die hij in het boek vervangt door een eenvoudiger constructie van beweegbare cirkels waarop de elementen en verbindingen met hun equivalentgewichten in alfabetische volgorde naast elkaar zijn geplaatst. Op de binnnenste cirkel staan de positieve en negatieve elementen met hun equivalentgewichten en op de buitenste cirkel de negatieve elementen met verschillende veelvouden van hun equivalentgewichten. Hiermee zijn de binaire verbindingen samen te stellen. Met een derde cirkel, waarop veelvouden van het waterequivalent, kunnen hydraten worden samengesteld. Voor gecompliceerdere verbindingen zijn nog twee cirkels nodig waarop respectievelijk de (positieve) basen van anorganische en organische oorsprong en de (negatieve) zuren staan afgebeeld. Met deze 'atomistische cirkels is men in staat, om de wederkeerige verhouding van de stoffen in atomistische evenredigheden terug te kunnen vinden'.[22.] Om deze verhoudingen voor verschillende hoeveelheden stoffen te kunnen gebruiken, paste Stratingh de regel van drieën toe.[23.]

Stratinghs gebruik van beweegbare cirkels was niet nieuw. Hij verwees naar de 'verschuifbare logarithmische schaal' van de Engelse chemicus William Hyde Wollaston (1766-1828), die in 1814 atomistische verklaringen had verworpen en voor de berekening van de verhoudingen waarin chemische verbindingen met elkaar reageren equivalentgewichten gebruikte en een chemische rekenliniaal had geconstrueerd.[24.] Stratingh gebruikte een overeenkomstige rekenliniaal als demonstratiemodel op zijn colleges[25.] en paste het beginsel van een logaritmische schaal toe op zijn cirkelvormige schalen.[26.] Dat Stratinghs opvattingen weinig indruk maakten, blijkt uit een bespreking in de *Algemeene Konst- en Letter-Bode* van 1828,[27.] waarin de aankondiging van het 'voortreffelijk' werk van Stratingh, *De Chlorine-verbindingen, beschouwd in hare Scheikundige, Fabrijkmatige, Genees- en Huishoudkundige Betrekkingen* (1827) gevolgd wordt door die van het *Beknopt Overzigt over de leer der Stochiometrie*: 'Dit werk is, wel is waar onmiddellijk van minder algemeen belang, dan het voorgaande; daar echter in deze dagen Scheikunde zonder Stochiometrie

noch gedreven, noch verstaan kan worden, en de Scheikunde op alle takken des levens invloed heeft, zoo heeft ook deze middellijk eene uitgestrekte nuttigheid'.

Een probleem voor veel fysici en chemici uit de eerste helft van de vorige eeuw was het feit dat atomen ruimtelijk uitgebreide lichamen zijn en - omdat wiskundige lichamen oneindig deelbaar zijn - als fysische lichamen ook oneindig deelbaar moeten zijn. Er bestaan dus geen atomen. Dit wijsgerig probleem leidde o.m. tot de puntatomistiek, waarin het atoom wordt gereduceerd tot een puntvormig krachtencentrum. In ons land ontwikkelde Christophorus Henricus Diedericus Buys Ballot (1817-1890) in 1843 een dynamische atomistiek, die hij in 1849 publiceerde in het boek: *Schets eener physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur*.[28.] Het onderwerp, dat Buys Ballot in dit boek aan de orde stelt is de theoretische scheikunde, de wetenschap 'welke aan de scheikunde theorieën moest geven, die de wetten bevat, volgens welke de lichamen onderling verbonden en hunne deeltjes veranderd worden'.[29.] Omdat Buys Ballot ook natuurkundige verschijnselen wilde behandelen, sprak hij over 'physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur, of ook moleculartheorie'[30.], dat wil zeggen 'de leer, hoe de krachten van de kleinste deeltjes der ligchamen wederkeerig werken, en de verklaring van de toestanden der ligchamen, dat is, van de zoogenaamde verschijnselen, die de natuur ons aanbiedt'.[31.]

Buys Ballot ging uit van twee hypothesen: alle stoffen bestaan uit kleine deeltjes, welke aantrekkende, maar ook afstotende krachten op elkaar uitoefenen, waarbij de kleinste deeltjes van iedere stof eenzelfde vorm bezitten, welke vorm verschillend kan zijn voor verschillende stoffen. Het bezwaar om aan eenzelfde stof zowel aantrekkende als afstotende krachten toe te kennen, leidde tot een nieuwe hypothese, namelijk: 'Er zijn kleinste physisch ondeelbare deeltjes (atomen), ieder met fijne aether-atomen omringd; de atomen der zware ligchamen trekken elkander en de aether-atomen aan, de aether-atomen stooten elkander af; de vorm en grootte der atomen bepaalt den aard van het ligchaam (de stof)'.[32.]

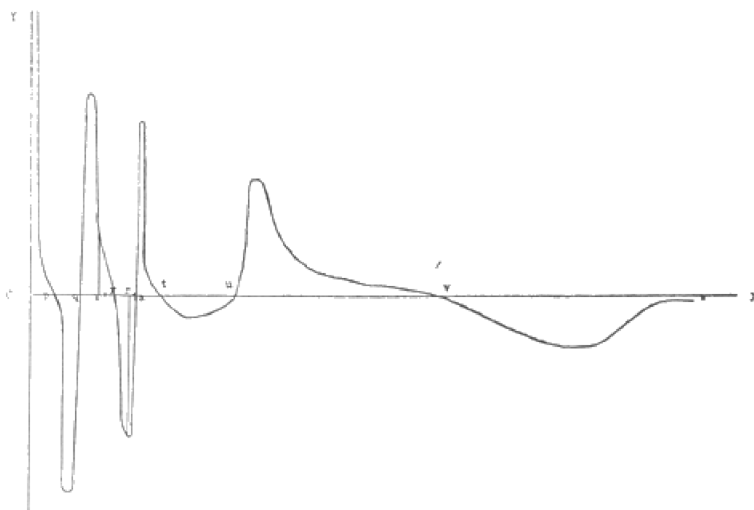
Buys Ballot nam dus twee soorten atomen aan: weegbare materie-atomen met verschillende vorm en etheratomen, waarvan de vorm niet bekend is en welke veel kleiner zijn dan de materie-atomen. Door een wisselwerking aan te nemen van de aantrekking van de weegbare materie-atomen op elkaar en op de etheratomen met de afstoting tussen de laatsten, kreeg Buys Ballot een resulterende kracht f(x) van de algemene vorm (x = afstand tussen de deeltjes):

$$f(x) = A/x^2 + B/x^3 + C/x^4 + D/x^5 + ...,$$

waarin de termen afwisselend van teken zijn, terwijl de functie minstens drie stabiele en drie labiele evenwichtstoestanden bezit.

In de oorsprong van het coördinatenstelsel O (Afb. XVIII) wordt steeds het deeltje gedacht, of het krachtcentrum van een aantal deeltjes minus één, terwijl het andere deeltje zich op de OX-as bevindt. De ordinaat geeft de afstotende (positieve ordinaat) of aantrekkende (negatieve ordinaat) kracht aan, waarmede het te beschouwen punt op de abscis van f naar O zal worden bewogen.

Uit de figuur zien we, dat vlak bij O de afstotende kracht overweegt. Op een af-



XVIII. De krachtwet van C.H.D. Buys Ballot (1849).

stand Op is er stabiel evenwicht; de aantrekkende kracht neemt dan toe tot punt q (labiel evenwicht), daarna overweegt de afstotende kracht tot r. Tussen r en s overweegt weer de aantrekkende kracht, tussen s en t de afstotende en voorbij t weer de aantrekkende, enzovoorts tot uiteindelijk in het oneindige de x-as asymptotisch wordt bereikt.

De snijpunten p, r, t en v van de curve met de x-as zijn stabiele evenwichtstoestanden, dat wil zeggen, is het deeltje in r' of in r^1 dan gaat het weer terug naar r (mits uiteraard de beweging niet te groot is!). q, s, u en w zijn de labiele evenwichtspunten, dat wil zeggen, is het deeltje iets rechts of links ervan, dan beweegt het zich naar rechts of links tot het stabiele evenwichtspunt is bereikt (immers de afstotende respectievelijk de aantrekkende kracht overweegt), waar het blijft oscilleren.

Omdat de nadruk bij Buys Ballot geheel op de krachten tussen de deeltjes lag en niet op de deeltjes zelf, rekenen we zijn stelsel tot de puntatomistiek, zoals overigens ook hijzelf deed. Zijn grootste probleem bleef uiteraard de wiskundige uitwerking.

De vraag is hoe Buys Ballot tot deze dynamische materie-opvatting is gekomen. Zelf zegt hij, dat hij zijn opvattingen tijdens ‘eenige vacantiedagen van 1843’ had ontwikkeld[33], maar dat Mulder er tegen was ze te publiceren. In 1846 gaf hij er college over als ‘theoretische scheikunde’. Met nadruk stelde Buys Ballot, dat hij zijn theorie onafhankelijk had ontwikkeld van de er veel op gelijkende theorie van de jezuïet R.J. Boscovich[34], welke hij pas in 1847 leerde kennen. Dat Buys Ballot de moleculaire krachten als functie van de afstand beschouwde, blijkt uit zijn dissertatie *De Synaphia et Prosaphia* (over cohesie en adhesie) uit 1844, waarin hij verwijst naar de theorie van de capillariteit van de Franse fysicus Laplace (1806, 1807).

Uit de *Schets* is dit echter niet op te maken; wel uit een recensie die Buys Ballot in 1846 gaf van een boek van de Deventer hoogleraar Marinus Johan Cop (1818-1876), *Verscheidenheid van Ligchamen in betrekking tot Atomen-leer*. Cop begon zijn uiteenzettingen met de opmerking: ‘Als vijandige magten staan philosophen en natuuronderzoekers tegen elkander over, de eenen de *dynamische* leer, in de stellingen van KANT 't eerst bepaald uitgesproken, de anderen de *atomistische* theorie, door velen voorbereid, door DALTON vooral ontwikkeld en voor de Scheikunde gewigtig gemaakt verdedigende. Met weinige uitzonderingen zien wij de atomistische theorie, meer of min gewijzigd, maar toch in de hoofdzaak door natuur- en scheikundigen aangenomen’.[35.] Cop gaf de voorkeur aan de atoomtheorie. Hij verwierp de dynamische materie-opvatting niet omdat deze niet bewezen is of kan worden (dat kan men de atoomleer evenmin), maar omdat de atomistiek het beste met de ervaring overeenstemt. Buys Ballot was het hier volledig mee eens: de materie bestaat ook voor hem uit uitgebreide, ondoordringbare, fysisch ondeelbare en onveranderlijke atomen[36.], maar hij miste in het werk van Cop wiskundige gegevens over de krachten tussen de atomen. Naar zijn mening bestaan er tussen de etheratomen afstotende krachten en tussen de materie-atomen onderling en tussen de materie-atomen en de etheratomen aantrekkende krachten. Buys Ballot noemde niet zijn eigen opvattingen, welke toch uit 1843 dateren, maar beperkte zich tot het noemen van de wet van Laplace betreffende de afname van de kracht bij toenemende afstand R tussen de deeltjes volgens een vergelijking van de vorm: $A\Phi(R) + B/R^2$, waarin $\Phi(R)$ kennelijk een functie is met hogere machten dan $1/R^2$. Uit de vergelijking blijkt, dat bij een zekere afstand de eerste term verdwijnt, waarbij alleen de Newtonse aantrekking overblijft.[37.] De functie $\Phi(R)$ is volgens Buys Ballot echter nog niet nauwkeuriger bepaald.

Laplace bracht alle natuurverschijnselen terug tot een spel tussen puntvormige massa's, waartussen een wederzijdse aantrekking bestaat langs de verbindingslijn volgens een of andere functie van de afstand. In het vijfde deel van zijn *Mécanique Céleste* (1825) wordt dit door Laplace wiskundig uitgewerkt. Het lijkt alleszins waarschijnlijk dat Buys Ballot, die zich door zijn promotieonderwerp over adhesie en cohesie met het werk van Laplace heeft beziggehouden, door diens opvattingen is gekomen tot zijn dynamisch-atomistische materiebegrip.

Buys Ballot, thans vooral bekend als grondlegger van de meteorologie als wetenschap, werd na zijn promotie direct benoemd tot lector in geologie en mineralogie (1845) en het jaar erop in theoretische scheikunde. In de studiejaren 1846-1847 en 1847-1848 gaf hij colleges over *Elementa Theoriae Chemicae* en *Geognosin et Mineralogiam*. In 1847 werd hij buitengewoon en in 1857 gewoon hoogleraar in de wiskunde en vanaf 1867 was hij gewoon hoogleraar in de natuurkunde. Later zou hij dat hoogleraarschap als de oorzaak beschouwen dat hij niet op de hoogte had kunnen blijven van de vorderingen op het gebied van de fysica en de chemie. Bijdragen tot de ontwikkeling van de wiskunde heeft Buys Ballot niet gegeven; hij paste deze tak van wetenschap vooral toe als instrument bij het natuurwetenschappelijk onderzoek.

In het begin van zijn loopbaan was Buys Ballot vooral geïnteresseerd in de scheikunde. Op het laboratorium van G.J. Mulder verrichte hij al vóór zijn promotie een onderzoek over het xyloïdine (1842), het jaar erop verscheen er een tabellenboek

voor het anorganisch chemisch practikum van zijn hand en na zijn promotie publiceerde hij zijn grote repertorium van de organische verbindingen (1844). Maar zijn colleges theoretische scheikunde waren een mislukking, vooral door de inhoud, welke zo sterk afweek van wat in die dagen op theoretisch gebied werd geboden en door de studenten niet werd begrepen. Ook zijn *Schets* trok nauwelijks de aandacht. Al in het voorwoord blijkt een zekere bitterheid over de ontvangst van zijn ideeën: '[...] in ons land heeft men steeds alles wat wij zeiden voor kennisgeving aangenomen en ter griffie gelegd'.[38.] Toen Van 't Hoff in 1874 zijn *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuurformules in de ruimte* publiceerde, was Buys Ballot de eerste in ons land die hiervan notitie nam. In september 1875 schreef hij in een openbare brief aan Van 't Hoff met belangstelling kennis van diens publikatie te hebben genomen. Hij memoreerde de teleurstelling die hij heeft gehad toen er zo weinig aandacht werd geschonken aan de inhoud van zijn *Schets* en wilde daarom niet zonder meer voorbijgaan aan 'de pogingen van een jeugdigen, ijverigen geest'. Maar voor hij overging tot een bespreking van de inhoud van het werk van Van 't Hoff, verontschuldigde hij zich dat hij niet meer zo vertrouwd was met de moderne chemie, omdat hij indertijd 'uit teleurstelling de meteorologie als een speelpop [...] ter hand genomen' had.[39.]

Gedurende zijn gehele leven kwam Buys Ballot steeds terug op zijn opvattingen uit de *Schets*. Zo waren de publikaties van August Karl Krönig (1856) en Rudolf Clausius (1857) op het gebied van de kinetische gastheorie voor Buys Ballot direct aanleiding opnieuw zijn opvattingen uit de *Schets* uiteen te zetten, waarin hij warmte, magnetisme en elektriciteit al als bewegingstoestanden had beschouwd.[40.] Toen veroorzaakte dat grote deining; thans wordt het algemeen aanvaard. Buys Ballot gaf kritiek op de grote snelheid van de moleculen in de mechanische gastheorie, welke niet overeenkomt met de langzame diffusie en de geringe warmtegeleidbaarheid van de gassen. Hij meende, dat als de moleculen bewegen met een snelheid van een paar meter per seconde, het te verwachten is dat gassen zich zeer snel met elkaar vermengen. Het is echter bekend, dat, als men zwavelwaterstofgas of chloor in een hoek van een kamer laat ontwikkelen, het verschillende minuten duurt eer het gas in de andere hoek is te ruiken. Het gaat hier dus om kritiek tegen de door Krönig en Clausius aangenomen rechtlijnige beweging van de gasmoleculen. Ook het feit, dat tabaksrook in een kamer in onbeweeglijke lagen zich slechts langzaam verbreidt en dat kooldioxyde lang in een open vat blijft, waren voor Buys Ballot argumenten tegen de rechtlijnige voortplanting van de gasmoleculen. Clausius weerlegde deze argumenten door de invoering van het begrip 'mittlere Weglänge': in gassen leggen de moleculen geen grote afstanden rechtlijnig af, omdat intermoleculaire krachten niet zijn te verwaarlozen (1858).

Toen Buys Ballot zijn *Schets* wilde publiceren, raadde zijn scheikundehoogleraar G.J. Mulder hem dat af en was zijn natuurkundehoogleraar Richard van Rees (1797-1875) er verre van enthousiast over. Mulder was weliswaar sterk beïnvloed door de elektrochemische theorie van Berzelius, maar stond zeer sceptisch tegenover het reëel bestaan van atomen en moleculen. Omdat 'het woord atome, hetwelk in de wijsbegeerte der Natuur niet kan ontbreken, [...] een niet helder begrip uit[drukt]', liet hij 'het begrip van atome voor hetgeen het is, en stellen waar wij kunnen in des-

zelfs plaats het bevattelijke en duidelijke begrip van aequivalent'.[41.] Om de chemische verschijnselen te verklaren, nam Mulder een 'vermogen' aan 'in *alle* elementen, een vermogen, om of kracht op te wekken, of kracht uit te oefenen, die werkt tot vereeniging'. Dit vermogen gaf hij de naam 'scheikundige spanning'. Het was een vermogen 'dat noodwendig *bestaat* vóór dat het *opgewekt* wordt, en dat dikwerf niet anders dan *aanraking* der ligchamen eischt, om het verschijnsel *vereeniging* voort te brengen'.[42.] Deze bijzondere kracht zetelt in 'de allerkleinste deeltjes, in die, welke wij niet meer verdeelen kunnen'.[43.]

Mulder gaf geen discussie van de atoomtheorie, maar beperkte zich tot een vage verklaring van de verschijnselen van de chemische verbinding. Als kalium en zuurstof zich met elkaar verbinden, dan hebben 'de twee tegenovergestelde krachten [...] elkander dus of geheel of voor een deel doen sluimeren'.[44.] In het eerste geval kan de nieuwe stof zich niet meer met een andere verbinden. Maar in de meeste gevallen worden de krachten niet volledig opgeheven. Veronderstel dat zuurstof een affiniteitskracht van drie eenheden bezit en kalium van zes eenheden. Na hun vereniging blijven er dan drie eenheden in het kaliumoxyde over. Neem verder aan dat de krachten waarmee zuurstof en zwavel op elkaar inwerken zich verhouden als drie tot een. Dan blijven er in zwavelzuur [zwaveltrioxyde] twee eenheden over en deze stof kan zich verbinden met kaliumoxyde tot kaliumsulfaat. Er blijft dan nog een eenheid kalium over, zodat kaliumsulfaat zich opnieuw met andere stoffen kan verbinden die eenheden zuurstof over hebben (dubbelzouten of hydraten).

Mulder realiseerde zich dat we niet van materie zonder krachten kunnnen spreken, evenmin als van krachten die niet op materie kunnen inwerken. Maar de studie van de eigenschappen van de materie levert tal van moeilijkheden op. 'De grenzenlooze of niet grenzenlooze deelbaarheid derzelve is het eerste struikelblok; de stoffelijke verscheidenheid het tweede; het groote aantal elementen het derde'.[45.]

Mulder was geen aanhanger van de Daltonse atomistiek. Als de materiedeeltjes ondeelbaar zouden zijn, dan moeten ze in de verbinding naast elkaar geplaatst worden. 'Onmogelijk kan het eene *in* het andere gedrongen zijn, omdat de stof geene ineendringing toelaat'.[46.] Maar hoe zijn dan de eigenschappen van de chemische verbinding te verklaren? Voor Mulder zijn ondeelbare materiedeeltjes niet acceptabel. Hij maakte wel gebruik van kleine deeltjes, maar probeerde steeds alle chemische verschijnselen terug te voeren tot één eerste oorzaak. Zijn uitgangsbeginsel was 'dat er in de elementen een vermogen van aantrekking huisvest, waardoor ongelijksoortige deelen onderling vereenigd worden tot zekere bepaalde groepen, die voor nieuwe vereeniging vatbaar zijn, om alzoo meer zamengestelde groepen te vormen; dat dit vermogen van aantrekking onder verschillende omstandigheden voor wijziging, voor verandering vatbaar is, en onder die verandering velerlei verschijnselen uiten kan'.[47.]

Gerrit Jan Mulder

In de geschiedenis van de negentiende-eeuwse scheikunde in ons land neemt Gerrit Jan Mulder (1802-1880) een vooraanstaande plaats in. Naast zijn drukke werkzaamheden als hoogleraar in Utrecht (1840-1868), was hij actief op het gebied van onderwijs, gezondheidszorg en politiek.[48.] Zijn voornaamste wetenschappelijke werk gaat

over de fysiologische chemie en over de landbouwscheikunde, waarbij hij voortdurend in conflict kwam met zijn tijdgenoten[49.], in het bijzonder met Justus von Liebig (1803-1873). Uit zijn gehele oeuvre blijkt dat Mulder een zeer grote waarde toekende aan een praktische opleiding in de chemie, waardoor hij grote faam verwierf als leermeester en tal van studenten opleidde. Het ontstaan van de scheikunde als wetenschappelijke discipline in Nederland is dan ook vooral aan hem te danken. Als docent was hij onovertroffen en in die kwaliteit is hij van bijzondere verdienste geweest voor de Utrechtse Hogeschool en voor het scheikundig leven in ons land.

Mulder werd op 27 december 1802 in Utrecht geboren als zoon van een chirurgijn. Na de Franse school te hebben doorlopen, werd Gerrit eveneens opgeleid tot chirurgijn. Op 15 juni 1819 werd hij aan de Utrechtse Hogeschool ingeschreven als student in de medicijnen. Op 16 maart 1825 sloot hij de studie af met een medische dissertatie over opiumalkaloïden; op 3 mei 1825 gevolgd door een promotie in de farmacie op stellingen.

Gedurende zijn studiejaren toonde Mulder een grote belangstelling voor de natuurwetenschappen. De grondbeginselen van de scheikunde leerde hij door het boek van de Parijse hoogleraar Mateo José Buenaventura Orfila (1787-1853), *Elémens de Chimie médicale* (1817) uit het hoofd te leren. Veel praktische scheikunde kreeg hij niet bij Nicolaas Cornelis de Fremery (1770-1844), die chemie en farmacie doceerde maar, als praktizerend geneesheer, het grootste deel van zijn tijd aan het bezoeken van zijn patiënten besteedde. ‘In het laboratorium werkte niemand; er werd college gegeven en meer niet’.[50.] Mulders vroege belangstelling voor de praktische chemie blijkt uit zijn beantwoording van een prijsvraag, uitgeschreven door de faculteit der wis- en natuurkundige wetenschappen, over de samenstelling en bruikbaarheid van de in Utrecht en omgeving voorkomende soorten water. Mulders antwoord werd bekroond met een gouden medaille (1825). Met zeer gebrekkige hulpmiddelen wist hij geheel zelfstandig de benodigde analysemethoden te vinden en uit te werken.

Hoewel later de eerste chemicus van ons land, wist Mulder na zijn studie van dat vak praktisch niets. In het chemisch laboratorium van de Utrechtse Hogeschool, dat zeer slecht was uitgerust, werkte hij in opdracht van De Fremery aan een analyse van cement zonder enige begeleiding. ‘Niemand had mij van practische chemie *één enkel woord* gesproken: op de Hoogeschool was het, alsof zij niet bestond’.[51.] Het instrumentarium bestond uit een spirituslamp en een hangende balans met medicinale gewichten, terwijl de chemicaliën uit een apotheek werden betrokken. Als chemicus was Mulder een autodidact. Pas later, door briefwisseling met de Zweedse chemicus Berzelius, doorliep hij een ‘correspondentiecursus’ in de chemie. In zijn *Levensschets* schreef hij over zijn studietijd: ‘Eén ding bleef mij intusschen toeschijnen [...] voor mij onbereikbaar te zullen blijven, namelijk dat ik chemie zou leeren; alle dingen waren mogelijk, maar dat niet [...]; mijn antwoord was steeds: “chemie leer ik nooit”’.[52.]

Na zijn promotie was Mulder medicinae doctor in Amsterdam en Rotterdam waar hij van 1826 tot 1840 woonde en werkte. Zijn Rotterdamse jaren waren voor hem de basis van zijn Utrechtse hoogleraarschap en zijn roem als scheikundige.[53.] In feite kwam hij door toevallige omstandigheden tot de beoefening van de chemie. In 1828 werd hij benoemd tot lector in de botanie aan de toen juist opgerichte Clinische School. De Delftse arts Abraham Gerardus van Stipriaan Luiscius (1797-1864) werd

aangesteld tot lector in de scheikunde, maar hij trok zich op het laatste ogenblik terug waarna Mulder beide vakken voor zijn rekening nam. Nog steeds wist hij niet veel van praktische scheikunde. Zijn drukke medische praktijk en onderwijs gaven hem daar vóór 1835 ook geen kans toe. In dat jaar gaf hij zijn praktijk op en wierp hij zich geheel op de chemie. De benodigde praktische kennis haalde hij uit Michael Faradays *Chemical Manipulation* (1827). Hij schreef een *Leerboek voor scheikundige werktuigkunde* (1832-1835), stichtte een goed ingericht laboratorium en begon aan eigen onderzoek. Toen hij in Rotterdam kwam, was er geen laboratorium, zodat Mulder het zelf geheel moest inrichten. In december 1828 werd het nieuwe gebouw in gebruik genomen. Voor de inrichting waren kosten noch moeite gespaard. Ruim twintig leerlingen volgden Mulders lessen en praktische oefeningen. Tussen 1834 en 1842 vertaalden onder Mulders leiding een drietal van zijn leerlingen het *Lehrbuch der Chemie* (1833-1841) van Berzelius als *Leerboek der Scheikunde* (1839-1845).[54.] Met de Groningse hoogleraar in de botanie Herman Christiaan van Hall (1801-1874) en de Amsterdamse arts Willem Vrolik (1801-1863) gaf hij de *Bijdragen tot de natuurkundige wetenschappen* (1826-1832) en daarna het door hem geredigeerde *Natuur- en scheikundig archief* (1833-1838) uit.[55.]

In 1840 werd Mulder in Utrecht benoemd tot gewoon hoogleraar in de scheikunde als opvolger van N.C. de Fremery. Hij gaf zowel colleges in de medische als in de wis- en natuurkundige faculteit. In Utrecht bereikte hij zijn hoogtepunt van beroemdheid in binnen- en buitenland. In de jaren 1854-1859 ging zijn belangstelling vooral uit naar de politiek. Na zijn emeritaat (1868) woonde Mulder een jaar in Apeldoorn en daarna in Bennekom waar hij op 18 april 1880 overleed.

Mulders wetenschappelijk werk

Op zijn Rotterdamse laboratorium legde Mulder met zijn studies over eiwitstoffen de grondslag van de beoefening van de biochemie in ons land. Het begin van zijn onderzoekingen vormde een chemische analyse van zijde (1835). Op 21 februari 1838 schreef hij Berzelius dat één atoom SP zich met één atoom fibrine en één atoom kippeneiwit verbindt en één atoom SP_2 met één atoom bloedeiwit.[56.] Op 10 juli van hetzelfde jaar stelde Berzelius voor het woord 'proteïne' te gebruiken voor het complexe radicaal dat volgens Mulder, gebonden aan zwavel en fosfor, in natuurlijke eiwitten voorkomt.[57.]

Mulder voerde systematisch elementairanalyses uit van eiwitstoffen. Hij vond dat albumine, fibrine en caseïne van dieren en albumine van planten dezelfde verhouding koolstof, waterstof, zuurstof en stikstof hebben. Het enig verschil ligt in de aanwezigheid van kleine hoeveelheden zwavel en fosfor. Mulders eiwittheorie, volgens welke alle eiwitten een zwavelvrij radicaal proteïne Pr, met de formule $C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$, bevatten, was in overeenstemming met de radicaaltheorie die toen in de organische scheikunde heerste. Kippeneiwit en bloedalbumine hebben de formule $Pr_{10}SP$; bloedeiwit $Pr_{10}S_2P$; enz.[58.] Vanaf 22 juli 1838 informeerde Mulder ook Liebig uitvoerig over de resultaten van zijn onderzoekingen.

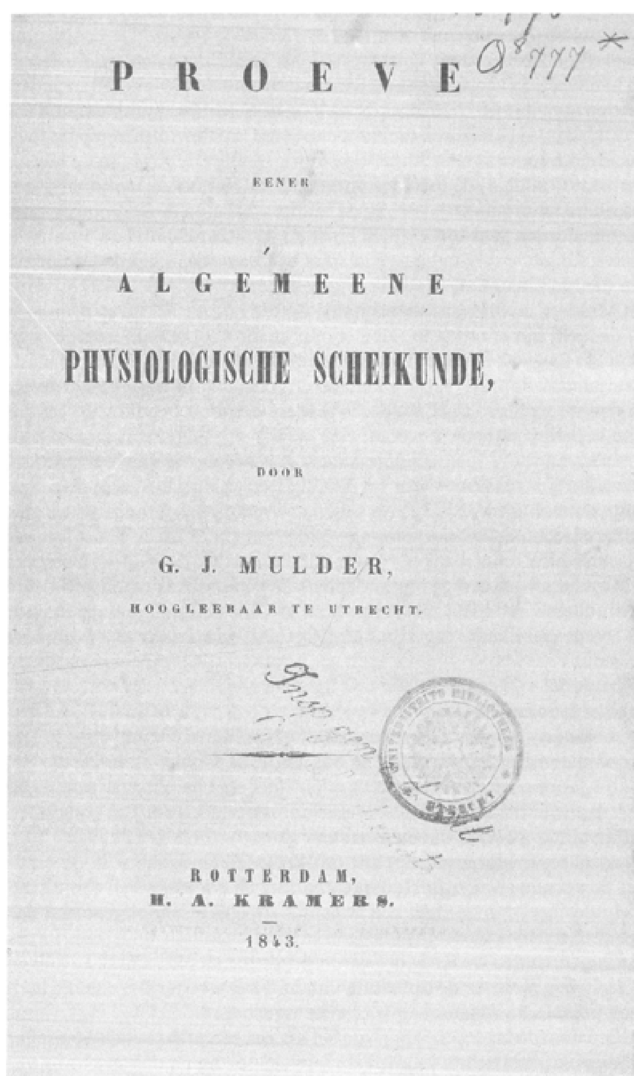
Na zijn hoogleraarsbenoeming in Utrecht had Mulder het zo druk met het geven van colleges en het verbeteren van het chemisch laboratorium, dat hij voorlopig geen onderzoek deed. Intussen was Liebig met zijn studenten begonnen het eiwitonderzoek van Mulder voort te zetten In 1840 publiceerde hij zijn beroemde *Die organi-*

sche Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, dat door de Arnhemse apotheker J.P.C. van Tricht vertaald werd als: *De bewerktuigde scheikunde toegepast op landbouwkunde en physiologie* (1842).

Mulder vatte zijn onderzoekingen samen in de *Proeve eener algemeene physiologische scheikunde*, dat in afleveringen tussen 1843 en 1850 verscheen. (Afb. XIX) Zijn opvatting dat de proteïnen oxyden, sulfiden, enz. van één radicaal zijn, het proteïne, bleek niet houdbaar te zijn. In het begin accepteerde Liebig de analyseresultaten van Mulder, maar dat veranderde toen hij en zijn studenten niet in staat waren het hypothetische proteïneradicaal, zonder zwavel en fosfor, te isoleren, ook niet met behulp van Mulders eigen methode. De verhouding tussen Liebig en Mulder werd steeds slechter. Toen in 1846 Liebigs leerling Nicolaus Julius Wilhelm Laskowsky (1816-1871) tevergeefs zwavelvrij proteïne probeerde te maken, twijfelde Liebig openlijk aan Mulders resultaten. Mulder was woedend en viel Liebig aan in een brochure: *De vraag van Liebig, aan de zedelijkheid en de wetenschap getoetst* (1846), waarvan spoedig een Duitse en een Engelse vertaling het licht zagen. Mulder viel Liebig daarin op uiterst scherpe en heftige wijze aan, vooral voor de manier waarop deze Mulders eiwitanalyses had betwist en weerlegd. Maar spoedig wist Liebigs leerling Theodor Fleitmann (1828-1904) proteïne te maken volgens het voorschrift van Mulder en vond daarbij dat het 1,35 tot 1,48 % zwavel bevatte. Mulder ontkende dit niet, maar veranderde zijn theorie: eiwitstoffen zijn verbindingen van een hypothetisch proteïne, dat niet kan worden geïsoleerd en verbonden is met verschillende hoeveelheden van (hypothetisch) sulphamide SNH_2 en (hypothetisch) phosphamide (PNH_2). De empirische formule van proteïne is $C_{36}H_{50}N_8O_{10}$ met sulphamide en phosphamide in verschillende hoeveelheden. Verder zijn er twee oxyproteinen $C_{36}H_{50}N_8O_{11}$ en $C_{36}H_{50}N_8O_{13}$. Ontzwavelen van eiwit is niet het verwijderen van zwavel, maar de ontleding van sulphamide.[59.]

Mulders verdiensten moeten echter niet worden onderschat. Hij was de eerste die vanaf 1837 elementairanalyses toepaste op eiwitstoffen. Mulder was een buitengewoon zorgvuldig en talentvol experimenteel chemicus, die een onvruchtbare eiwittheorie opstelde gebaseerd op de toen gangbare radicaaltheorie in de organische scheikunde. Liebig en andere chemici waren sterk geïnteresseerd in Mulders opvallende resultaten. Liebig zelf werd gestimuleerd door Mulders analytisch werk, accepteerde de resultaten ervan en liet zijn studenten spoedig ook eiwitten onderzoeken. De resultaten waren niet erg verschillend van die van Mulder. Het probleem was echter de interpretatie. Liebig verwierp Mulders theoretische opvattingen wat tot de felle twist tussen beide chemici leidde.[60.]

Mulder had niet alleen kritiek op Liebigs interpretatie van zijn onderzoekingen over de eiwitten. Hij moest ook niets hebben van diens opvattingen over de humus. Mulder beschouwde de organische materie van de aarde als de voornaamste bron van de plantenvoeding en was daardoor voorstander van de oude humustheorie die vooral door Albrecht Daniel Thaer (1752-1828) en diens leerlingen werd verdedigd. Hoewel ze wisten dat planten ook anorganische stoffen bevatten, werd hieraan slechts een ondergeschikte betekenis toegekend. De humus was, als 'de drager van de bodemkracht', de eigenlijke voedingsstof voor de planten. Liebig daarentegen wees de mening dat de humus de voornaamste koolstofbron voor de planten is, af. Hij nam aan dat de ontwikkeling van de plant afhankelijk is van de aanwezigheid van


PROEVE
EENER
ALGEMEENE
PHYSIOLOGISCHE SCHEIKUNDE,
DOOR
G. J. MULDER,
HOOGLEERAAR TE UTRECHT.
ROTTERDAM,
H. A. KRAMERS.
1843.

XIX. Titelblad van de Proeve eener algemeene physiologische scheikunde *(1843) van de Utrechtse hoogleraar in de scheikunde Gerrit Jan Mulder*.

koolstofverbindingen, van een stikstofbevattende stof, van water en zijn bestanddelen (waterstof en zuurstof) en van anorganische stoffen in de bodem. De koolstof en de stikstof worden geabsorbeerd uit de atmosfeer als kooldioxyde en ammoniak.[61.]

Mulder nam in navolging van Berzelius (1838) in de humusmaterie zeven hypothetische bestanddelen aan, namelijk de in water en loog onoplosbare humine en ulmine en de in logen oplosbare humuszuren (acidum crenicum, acidum apocrenicum, acidum geïcum, acidum humicum en acidum ulmicum). Liebig c.s. zagen in de humus alleen een bron voor kooldioxyde. Mulder ontkende dat niet, maar meende bovendien dat de oplosbare ammoniakzouten van de vijf humuszuren direct door de wortels van de planten worden geabsorbeerd en eiwitten vormen. Hoewel de humuszuren zelf volkomen stikstofvrij zijn, zijn ze in staat om zeer gemakkelijk ammoniak op te nemen en aan de planten af te staan.

Essentieel in Mulders theorie was de aanname dat de bodem het vermogen bezit om stikstof uit de lucht om te zetten in salpeterzuur en dit weer te reduceren tot ammoniak. Hij was het dan ook niet met Liebig eens die beweerde dat de stikstof uit de atmosfeer als ammoniak door het regenwater aan de grond wordt toegevoegd. ‘Hare hoeveelheid in de atmospheer voorhanden, is te klein en nooit bepaald; zij schijnt zelfs voor geene bepaling vatbaar te wezen, zoo klein is zij; men heeft moeite haar te ontdekken’.[62.] De voor de reductie nodige waterstof is afkomstig van het ontledende ulmine dat verder geoxydeerd wordt tot huminezuur, geïnezuur, enz. Een deel van de gevormde ammoniak wordt op zijn beurt weer geoxydeerd tot salpeterzuur.

Hoewel Mulder terecht stelde ‘dat voor alle in de bouwbare aarde thans levende planten organisch voedsel onmisbaar is’[63.], was zijn humustheorie onjuist. Geen van de door hem (en anderen) genoemde bestanddelen van de humus zijn ooit geïsoleerd als zuivere verbindingen. Mulders uitvoerige studies over de landbouwscheikunde leidde in 1860 tot de publikatie van zijn vierdelige *De Scheikunde der bouwbare Aarde*.

Mulders chemische laboratoria

Mulders onderzoekingen konden alleen worden uitgevoerd met behulp van studenten en in een goed chemisch laboratorium. In ons land was Mulder de eerste die zijn studenten op zijn laboratorium in Rotterdam en later in Utrecht een praktische opleiding gaf en daarmee het onderwijslaboratorium introduceerde. Dat zijn onderwijslaboratorium minder bekend was en in minder aanzien stond dan dat van Liebig in Giessen is vooral te verklaren uit het feit dat het onze landgenoot in de eerste plaats ging om de vorming van zijn studenten en niet de stichting van een onderzoeksschool. Mulder heeft niet zozeer een wetenschappelijke school gevormd dan wel een pedagogische. Hij was de grondlegger van het chemisch onderwijs in ons land en zijn leerlingen vinden we terug op verschillende leerstoelen aan onze universiteiten en hogescholen, waar ze de opvatting van hun leermeester dat chemie in de eerste plaats een praktische wetenschap is, verder uitdroegen.

Mulder was diep doordrongen van het grote belang om een praktische wetenschap als de scheikunde ook praktisch te kunnen studeren. Spoedig na de oprichting van de Rotterdamse Clinische School liet hij zijn leerlingen naast de gewone scheikundige lessen enige avonden in de week proeven doen. Dit was volgens hem de enige manier om goed scheikunde te leren. ‘Zulk een wetenschap moet [...] *practisch* onder-

wezen worden; dat is: men moet niet slechts zelf handelen; maar vooral anderen laten handelen'.[64.] Deze opvatting was voor hem de aanleiding tot het schrijven van het *Leerboek voor scheikundige werktuigkunde* 'omdat de scheikundige steeds *practisch* beoefenaar zijner wetenschap wezen moet, en hij bijna niets doet, als door werktuigen en met werktuigen'.[65.] Vooral probeerde hij eenvoudige en goedkope instrumenten te gebruiken. 'De Scheikunde is thans een dure wetenschap, en velen worden afgeschrikt door de groote onkosten, die aan toestellen enz., onvermijdelijk verbonden zijn'.[66.] Tal van leerlingen werden door Mulder in Rotterdam opgeleid tot praktische apothekers en chemici. Onder hen was Marinus Johannes Cop (1818-1876), die na zijn promotie in Leiden (1841) hoogleraar werd in botanie en chemie aan het Deventer Athenaeum. Ook de latere hoogleraar in Groningen (1851) en Utrecht (1868) Petrus Johannes van Kerckhoff (1813-1876) kreeg zijn praktische opleiding op het Rotterdamse laboratorium van Mulder, hoewel hij geen leerling was van de Clinische School.

Zeker zo belangrijk als de mogelijkheid tot het doen van proeven was uiteraard de toestand van de toenmalige chemische laboratoria. Goede onderwijslaboratoria waren het zeker niet. Toen Mulder in 1831 uitgenodigd werd de vacature van Hendrik Carel van der Boon Mesch (1795-1831) in Amsterdam te vervullen, weigerde hij bij het zien van het laboratorium. 'Die inrigting bestond in een keuken en een paar onbeduidende vertrekken, behoorende bij een politiehuis in de Staalstraat. In die sombere keuken en niet noemenswaardige vertrekken vond ik *niets*, geen spoor van werktuigen of toestellen, geen glaswerk, geen praeparaten, in één woord: niets hoegenaamd'.[67.]

In Utrecht, waar Mulder in 1840 naar toe ging, was de situatie niet veel beter. De latere Utrechtse hoogleraar Pieter Harting (1812-1885) beschreef de toestand in 1828 als volgt: 'een niet zeer groote collegiezaal, voor drievierden met banken gevuld, waarvoor een aanrechttafel stond, en daarachter volgde eene ruimte van hoogstens vier passen breed en acht passen lang. Dat was het eigenlijke laboratorium. Daar zag men een fornuis met een groote distilleerketel, een oven met een groote smidsblaasbalg, voorts langs de wanden een paar rekken met retorten en kolven, een paar planken met glasklokken en flesschen, en een kast met chemische praeparaten. Op de aanrechttafel stond een gastobbe, een paar komforen, waarin turf of houtskool gebrand werd, en een gewone apothekers-balans'.[68.] Een laboratorium waar behalve de amanuensis niemand kwam, ook De Fremery niet. Toen diens zoon Petrus Johannes Isaäcus (1797-1855) in 1829 als extraordinarius belast werd met het onderwijs in de scheikunde 'toegepast op de kunsten', liet hij enige studenten onder zijn leiding een paar uur in de week praktisch laboratoriumwerk verrichten. Maar, aldus Harting: 'Men maakte verschillende gassen, deed verbrandingsproeven in zuurstofgas; eens heb ik er zelfs barium-superoxyd en aqua oxygenata zien bereiden. Dit was het summum, waartoe de productieve kracht van het zoogenaamde chemisch laboratorium steeg'. Veel betekenis had dit praktikum niet en spoedig hielden de oefeningen op.

Toen Mulder in Utrecht werd benoemd, moest het laboratorium dan ook geheel veranderd worden omdat het niet ingericht was voor het praktische onderwijs aan de studenten dat hem voor ogen stond. 'Er was geen laboratorium te Utrecht, waarin door jonge lieden kon gewerkt worden, en ik moest te Utrecht toch voortzetten, wat ik te Rotterdam het eerste in het land had ingevoerd, namelijk, dat *alle* discipelen de

chemie *practisch* zouden kunnen beoefenen, wat nog in Nederland op geene Hoogeschool gebeurde'.[69.] De toestand van het laboratorium liet niet toe dat dat nu werd gedaan. Er was geen druppel zuiver salpeterzuur, zoutzuur, zwavelzuur of alcohol, geen korrel potas of soda en geen enkel stukje kalium. Zelfs was er geen kwik voor het vullen van een kwikbak. Curatoren stelden Mulder direct een groot bedrag ter beschikking met als gevolg dat er snel 'een tal van jonge lieden arbeiden in een daartoe, hoezeer dan ook zeer gebrekkig, ingerigt lokaal'.[70.] In 1841 werkten 14 studenten op Mulders laboratorium en waren er 50 toehoorders op zijn colleges. Eind 1842 was het aantal studenten gestegen tot 22, terwijl hij in 1844 opgaf dat hij 35 praktikanten had: 20 studenten, 10 apothekers in opleiding voor Oost-Indië en 5 anderen.[71.] Mulder deed in die tijd weinig wetenschappelijke onderzoekingen, maar besteedde al zijn tijd aan het onderwijs. Wetenschappelijke hulp had hij niet, alleen een amanuensis die apothekersknecht was geweest en die hij van Rotterdam naar Utrecht had meegenomen. Zelf experimenteren lukte niet. 'Mijne verplaatsing in een Laboratorium, waar ik aanvankelijk, noch balans, noch verbrandingsbuis, in een woord, waar ik niets bruikbaars voor eenige onderzoeking vond, maakte het mij bovendien onmogelijk, in het laatste jaar eenig deel aan scheikundige proeven te nemen en mijne vroegere onderzoeking uit te breiden', schreef hij in 1842.[72.] Mulder deed dan ook spoedig pogingen geld te krijgen voor de inrichting van zijn laboratorium. Op 28 maart 1842 diende hij een uitvoerige aanvrage in bij Schimmelpenninck van der Oye, de minister van binnenlandse zaken. Maar het duurde tot 1844 eer hij de beschikking kreeg over een nieuw scheikundig laboratorium, dat gevestigd werd in het vroegere gasthuis 'Leeuwenbergh', dat toen dienst deed als kazerne.[73.] Tot 1903 zou het dienst doen als chemisch laboratorium van de Utrechtse Universiteit. Bij de opening van het nieuwe laboratorium op 22 september 1845 kon Mulder zeggen: 'Gij hebt tot voorwaarde gesteld: er moest *niets* aan ontbreken; daaraan verklaar ik, dat voldaan is; ik herhaal het duidelijk: *er ontbreekt niets aan de inrigting*, of het is mijne onwetendheid, die er de oorzaak van is'.[74.] Als assistent was begin 1843 Mulders leerling Edouard Henri von Baumhauer (1820-1885) buiten bezwaar van 's rijks schatkist benoemd, dat wil zeggen dat hij grotendeels op kosten van Mulder werd bezoldigd. Hij hielp Mulder met de praktische opleiding van de studenten. Zoals meer zou gebeuren, ontstond er een breuk tussen Mulder en zijn leerling. In het najaar 1845 vertrok de laatste als professor in de natuurkunde naar het Koninklijke Athenaeum in Maastricht. Begin 1846 werd August Voelcker (1822-1884), een leerling van Friedrich Wöhler, op kosten van Mulder assistent. In februari 1847 vertrok hij reeds als assistent van de landbouwchemicus James Finlay Weir Johnston (1798-1855) naar Edinburgh waar hij twee jaar bleef en toen benoemd werd tot hoogleraar in de chemie aan het Royal Agricultural College in Circencester.[75.] Betaalde assistenten kreeg Mulder pas na 1847.

Toen Mulder na een inzinking van enkele maanden de Koning in 1854 zijn ontslag als hoogleraar aanbood, werd hem dat geweigerd. Wel werd Jan Willem Gunning (1827-1900), die sinds 1849 zijn assistent was, op 3 februari 1854 tot lector benoemd om Mulders colleges over te nemen. De overige werkzaamheden werden opgedragen aan een tweetal assistenten, Mulders leerlingen Cornelis Laurentius Vlaanderen (1824-1898) en Antoine Corneille Oudemans jr. (1831-1895). Mulder zelf werd een jaar verlof toegekend. Spoedig ontstond er een conflict tussen Mulder en Gunning

welke tot een onherstelbare breuk leidde. Hoewel Mulder zijn leerlingen wist te bezielen, kon hij uiteindelijk met vrijwel niemand goed opschieten. Hij kwam daardoor in het praktische laboratoriumwerk hulp te kort met als gevolg dat hij er veel minder mee bereikte dan hij van plan was. Gunning moest uiteindelijk zijn lectoraat neerleggen (november 1857), werd docent aan de Technische School in Utrecht, rijksadviseur voor natuurwetenschappelijke vraagstukken bij het departement van financiën en in 1865 hoogleraar scheikunde en farmacie in Amsterdam. Mulder nam zijn onderwijstaak weer op zich, bijgestaan door Vlaanderen en Oudemans. De eerste vertrok in 1859 op aanbeveling van Mulder als chemicus naar Indië; Oudemans werd in 1864 benoemd tot hoogleraar aan de Polytechnische School in Delft. Na Oudemans vertrek werd Mulders zoon Eduard (1832-1924) benoemd tot titulair extraordinarius met als opdracht de leiding van de praktische oefeningen op zich te nemen en tevens colleges over praktische en analytische chemie te geven (1864). In 1868 volgde hij zijn vader op als extraordinarius, terwijl Mulders leerling Van Kerckhoff tot ordinarius werd benoemd. Na diens overlijden in 1876 werd E. Mulder gewoon hoogleraar in organische chemie en toxicologie en Hendrik Cornelis Dibbits (1838-1903), ook een leerling van Mulder, gewoon hoogleraar in de anorganische chemie.

Mulders onderwijs in Utrecht

Mulder moet een uitstekend docent zijn geweest. ‘Het was een genot zijne colleges te hooren [...] Wat er dan ook in onze studentenwereld gebeurde, de lessen van Mulder werden door geen onzer verzuimd’, aldus een van zijn leerlingen, de latere Utrechtse hoogleraar in de oogheelkunde Herman Snellen sr (1834-1908).[76.] Hij voegde er aan toe: ‘Niet minder belangrijk was voor ons, studenten, zijne leiding der praktische oefeningen in de Chemie. Mulder was voor ons land de grondlegger van het practisch onderwijs in de Scheikunde. Zijn Laboratorium was zijn trots en de chemische onderzoekingen zijn leven’.

In zijn onderwijs legde Mulder steeds de nadruk op de beoefening van de praktische scheikunde door de student zelf. Niet het aanschouwen van demonstratieproeven, maar het doen van eigen waarnemingen behoorde de hoofdzaak te zijn. Dit streven beheerste Mulders scheikundig onderwijs vanaf het begin van zijn loopbaan. Al in Rotterdam konden zijn leerlingen kiezen tussen een opleiding voor het examen en een opleiding met meer aandacht voor wetenschappelijke vorming. Hoewel de resultaten van de onderzoekingen van zijn leerlingen in het algemeen niet van hoog niveau waren, getuigden ze wel van een streven naar vernieuwing in wetenschappelijk opzicht. Terecht pleitte Mulder steeds opnieuw voor een praktische opleiding bij de scheikundestudie. Bij het openen van zijn Utrechtse colleges in 1841 wees hij erop dat de scheikunde in ons land jammerlijk verwaarloosd was. De voornaamste oorzaak was het ontbreken van laboratoria, waarin de student zich de eerste beginselen van de scheikundige wetenschap kon eigen maken. Mulder was naar Utrecht gekomen ‘om praktische lessen tot stand te brengen, zoo daartoe de mogelijkheid bestond’.[77.] Het praktische deel van het scheikundig onderwijs was het voornaamste. De student moest enige uren per dag praktisch werkzaam zijn. Dit was volgens Mulder overigens niet alleen van belang voor de student in de scheikunde, maar ook voor de aanstaande geneesheer en apotheker.[78.]

De meeste leerlingen van Mulder waren medische studenten, van wie een aantal

door hem voor de scheikunde werd gewonnen, alsmede farmaceuten bestemd voor de dienst in Indië. Behalve in een aantal dissertaties, vinden we de resultaten van de onderzoekingen van Mulders leerlingen gepubliceerd in de *Scheikundige Onderzoekingen, gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool* (6 delen; 1842-1851) en in de *Scheikundige Verhandelingen en Onderzoekingen* (4 delen; 1857-1865) dat overigens niet uitsluitend bestemd was voor het Utrechtse laboratorium. De *Scheikundige Onderzoekingen* bevatten onderzoekingen van Mulder zelf, dikwijls uitgevoerd met hulp van zijn leerlingen, alsmede die van zijn doctorandi, kandidaten en kandidandi en voorts het chemisch gedeelte van medische dissertaties waarvan het onderzoek onder zijn leiding was verricht.

Het aantal studenten dat bij Mulder praktisch werkzaam was, is niet exact na te gaan. Het aantal medische studenten was in ieder geval aanzienlijk hoger dan dat in de natuurwetenschappen. Het aantal inschrijvingen in Utrecht bedroeg in de periode van Mulders hoogleraarschap gemiddeld 24 per jaar voor de geneeskunde en slechts 7 voor de wiskunde en natuurwetenschappen. Vóór de oprichting van de hogere burgerscholen (1863), die voor de natuurwetenschappen geheel nieuwe beroepsperspectieven bood, was dit aantal nog lager, namelijk 3-4 (van 1864-1868 bedroeg het aantal al 23).

Mulders promovendi

Gedurende zijn hoogleraarschap heeft Mulder 22 promovendi afgeleverd. Daarbij is gedeeltelijk de apotheker Hendrik Wefers Bettink (1839-1921), later hoogleraar in de farmacie in Utrecht (1877-1908), te rekenen, die - na in 1866 het doctoraalexamen te hebben behaald - onder Mulder met zijn promotieonderzoek begon. Door de ziekte en het emeritaat van Mulder werd de dissertatie voltooid onder Eduard Mulder (1870).

Toen Mulder naar Utrecht kwam, kreeg hij al direct een vijftal promovendi die bij hem het chemische gedeelte van hun medisch proefschrift kwamen bewerken. Zijn eerste 'echte' promovendus was Van Kerckhoff, een Rotterdammer die privélessen wiskunde van Mulder had gekregen en bij hem werkzaam was geweest op het laboratorium van de Clinische School. Als leraar natuur- en scheikunde aan het Athenaeum van Luxemburg (1837) deed hij experimenten over de chemische analyse van balein, de veerkrachtige stof van walvisbaarden, waarop hij op 25 november 1843 in Utrecht promoveerde. Op 28 juni 1844 promoveerde Edouard Henri von Baumhauer op een chemische analyse van een meteoorsteen. Dit was overigens voor die tijd zeker geen eenvoudig onderzoek. Mulder zelf had nog geen voldoende ervaring in de techniek van de scheikundige analyse, zodat Von Baumhauer zich met behulp van het werk van Berzelius zelf moest inwerken in de kwalitatieve en kwantitatieve chemische analyse welke toen nog in de kinderschoenen stond. Uit de dissertatie blijkt dat Von Baumhauer een bekwaam analyticus was die zijn bepalingen in triplo uitvoerde.

Gezien Mulders belangstelling in de landbouwscheikunde, is het niet vreemd dat een aantal van zijn leerlingen op onderwerpen uit dat vakgebied promoveerden. Op 2 juli 1846 behaalde Margarethus Cornelis Verloren (1816-1900) de doctorsgraad op een onderzoek naar de samenstelling van organische verbindingen. Op 30 juni 1847 promoveerde de Amsterdamse apotheker Pieter Frederik Hendrik Fromberg (1811-

1858) op een: *Physiologisch-chemische verhandeling over de bestanddeelen der planten in verband met het plantaardig leven*, de eerste in het Nederlands geschreven en verdedigde dissertatie.

Op 21 juni 1853 promoveerde Nicolaas Willem Petrus Rauwenhoff (1826-1909) op een plantenfysiologisch proefschrift: *Onderzoek naar de betrekking der groene bestanddeelen tot de zuurstof en het koolzuur des dampkrings, onder den invloed van het zonnelicht*. Hij werd gevolgd door Adrianus Heynsius (1831-1885) met een historisch overzicht van de kennis van de eiwitten (7 oktober 1853), Cornelis Laurentius Vlaanderen met een onderzoek naar de anorganische bestanddelen van de tabak (16 september 1854), Nicolaus Mouthaan (1821-1880) met een historisch overzicht van de humusachtige stoffen (21 juni 1856) en Hendrik Jan Menalda van Schouwenburg (1838-1882) met een onderzoek naar de anorganische bestanddelen van waterplanten (11 december 1862). Uit de stellingen in deze en andere proefschriften (L. Mulder, Van Geuns) vinden we Mulders houding tegenover de landbouwscheikundige opvattingen van Liebig goed weerspiegeld.

Een aantal leerlingen van Mulder schreven dissertaties met een geologische inhoud: Johannes Renatus Eugenius van Laer (1818-1891) verdedigde een *Verhandeling over den Rijn en zijn stroomgebied, in betrekking tot de vaste stoffen, die hij naar beneden voert* (28 juni 1850) en Jan Willem Gunning deed een *Onderzoek naar den oorsprong en de scheikundige natuur van eenige Nederlandsche wateren* (20 juni 1853). Chemische onderzoekingen werden verdedigd door Jan Hendrik Croockewit (1823-1880) over de samenstelling van een aantal amalgamen en legeringen (24 juni 1848), Arius Adriani (1820-1873) over guttapercha en caoutchouc (24 juni 1850), Pieter Ankersmit (1835-1903) over suikers (26 mei 1859) en Koenraad Walter Gratama (1831-1888) over metaalsulfiden (5 januari 1866). Mulders laatste promovendi hielden zich bezig met toen recente ontwikkelingen in de scheikunde: Hendrik Cornelis Dibbits over spectraalanalyse (25 juni 1863), Adriaan Daniel van Riemsdijk (1837-1897) over de scheikundige werking van de warmte op anorganische verbindingen (8 april 1864), Albertus Brester Jz (1843-1919) over elektrolytische onderzoekingen (11 mei 1866) en Carel Hendrik Thiebout C.Hz. (1841-1901) over de waterstof in status nascendi (8 december 1866). Ook hier gaat het om overwegend analytische onderzoekingen. Wiskundige beschouwingen komen we nauwelijks tegen. Mulder was tegen de toepassing van de wiskunde op de scheikunde. Hij schijnt zelfs eens iemand geweigerd te hebben te promoveren omdat het proefschrift een algebraïsche formule bevatte![79.] Voor Mulder 'was de Chemie eigenlijk - hij heeft het met bijna dezelfde woorden gezegd - een soort van beschrijvende wetenschap, met chemische in plaats van morphologische middelen tot onderscheiding, eene historia chemica corporum'.[80.]

Opvallend in de reeks van Mulder-dissertaties zijn een drietal proefschriften over de aequivalentgewichten van de elementen. In het cursusjaar 1852-1853 hield Mulder wekelijks bijeenkomsten op het laboratorium waarbij hij met zeven studenten (Van Geuns, Gunning, Mouthaan, zijn zonen Eduard en Louis, Rauwenhoff en Oudemans) capita uit de scheikunde behandelde. Iedere deelnemer besprak een bepaald onderwerp, waarover uitvoerig werd gediscussieerd. Het grootste deel van de tijd werd besteed aan de verschillende methoden die bij de bepaling van de aequivalentgewichten van de elementen werden gebruikt en de resultaten die er mee waren ver-

kregen. Spoedig werd het plan geopperd alles tot één geheel te verzamelen in de vorm van een aantal dissertaties. De historische inleiding met de proeven van Humphry Davy en Berzelius, de bepaling van de soortelijke gewichten van de elementen in de gas- of damptoestand en de aequivalentgewichten van zuurstof, waterstof, koolstof en stikstof werd toevertrouwd aan Wolfert Abraham Johannes van Geuns (1828-1891) die daar op 12 september 1853 op promoveerde. De overige niet-metalen alsmede kalium en zilver waren voor Eduard Mulder, die op 21 november 1853 de doctorsgraad verwierf. Op 8 september 1853 was Eduards broer Louis (1828-1897) gepromoveerd met een dissertatie over de bepaling van de aequivalentgewichten van 24 metalen, terwijl Antoine Corneille Oudemans jr de overige 22 metalen voor zijn rekening nam. De laatste promoveerde echter in Leiden (24 september 1853) bij A.H. van der Boon Mesch over het aequivalentgewicht van het mangaan en publiceerde zijn Utrechtse onderzoek als *Historisch-kritisch overzigt van de bepaling der aequivalent-gewigten van twee en twintig metalen* (1853). De overzichten zijn nog steeds van belang voor de geschiedenis van de bepaling van de aequivalentgewichten in het midden van de vorige eeuw.

De loopbaan van Mulders promovendi

De betekenis van Mulder als hoogleraar blijkt duidelijk uit de loopbaan van zijn promovendi. Niet minder dan acht van hen werden hoogleraar en vier leraar aan hogere burgerscholen. Drie kregen een betrekking in Nederlands Oost-Indië; een speelde een belangrijke rol in de Nederlandsche Maatschappij ter Bevordering der Pharmacie (Ankersmit). Merkwaardig is dat slechts één van hen naar de industrie ging. Mouthaan richtte in 1863 de Chemische Fabriek te Uithoorn op, een zwavelzuurfabriek, die in 1891 door de firma G.T. Ketjen & Co te Amsterdam werd overgenomen. Van Riemsdijk, die zijn studie in de rechtsgeleerdheid vervolgde met die in de scheikunde, deed belangrijk werk op de Rijksmunt, waar hij zijn loopbaan afsloot als voorzitter met de functie van inspecteur essayeur generaal. Van de overige vier Mulder-promovendi waren er twee praktizerend arts en twee privégeleerde.

Mulder heeft vooral grote invloed gehad op het chemisch onderwijs in ons land. Het waren zijn leerlingen die op de leerstoelen scheikunde aan de universiteiten van Groningen (P.J. van Kerckhoff, 1851-1868) en Utrecht (E. Mulder, 1864-1902, Van Kerckhoff, 1868-1876 en H.C. Dibbits, 1876-1903), de athenaea van Deventer (M.J. Cop, 1841-1864) en Amsterdam (E.H. von Baumhauer, 1848-1865 en J.W. Gunning, 1865-1896) en de Polytechnische School in Delft (A.C. Oudemans jr., 1864-1895) werden benoemd, waar zij het ideaal van hun leermeester, een praktische opleiding in de scheikunde op een goed geoutilleerd laboratorium in praktijk probeerden te brengen, in de meeste gevallen met succes. Dat dit niet altijd even gemakkelijk ging, blijkt uit het feit dat Von Baumhauer, die in Maastricht een goed laboratorium bezat, in Amsterdam jaren moest wachten eer de beloften die hem bij zijn benoeming waren gedaan, om hem een behoorlijk laboratorium ter beschikking te stellen, waren ingelost.

Is de betekenis van G.J. Mulder in de eerste plaats gelegen in zijn belangrijke en succesvolle pogingen het chemisch onderwijs in ons land op een praktische leest te schoeien, hetzelfde kan gezegd worden van zijn leerlingen die hoogleraar werden. Belangrijke bijdragen tot de ontwikkeling van de scheikunde als wetenschap heeft

deze generatie chemici echter nauwelijks geleverd. Hun praktisch werk kwam niet veel verder dan detailonderzoekingen en theoretische concepties ontbraken vrijwel geheel. In Utrecht raakte de scheikunde geheel in verval met E. Mulder en Dibbits. ‘Het peil van het onderwijs van Dibbits kwam overeen met dat op eene Hoogere Burgerschool’.[81.] Aan wetenschappelijk onderzoek deed hij vrijwel niets. E. Mulder was niet veel beter. Weliswaar publiceerde hij regelmatig, maar zijn aanmoediging tot zelfstandig onderzoek was zeer gering.

Von Baumhauer in Amsterdam, Van Kerckhoff in Groningen en Utrecht en Oudemans in Delft moderniseerden weliswaar het chemisch onderwijs, maar onderzoekingen van betekenis deden zij niet of nauwelijks. Von Baumhauer aanvaardde als zijn leermeester de vooruitgang in de scheikunde als iets vanzelfsprekends, maar leverde er geen originele bijdragen aan. In zijn *Beknopt leerboek der onbewerktuigde scheikunde* (1864) wordt de wet van Avogadro aangenomen en de nieuwe aequivalentgewichten gebruikt. De dissociatietheorie, die toen wat de abnormale dampdichtheden betrof nog niet definitief zijn vorm had gekregen, werd zonder meer overgenomen. Net als zijn opvolger Gunning was Von Baumhauer vooral geïnteresseerd in onderzoekingen op het gebied van de toegepaste scheikunde. Ook Van Kerckhoff kwam niet veel verder dan kleine onderzoekingen, meestal over technische vraagstukken die hem waren voorgelegd. Dat hij een theoretische belangstelling had, blijkt uit zijn pogingen (vanaf 1856) de klassificerende typentheorie uit de organische scheikunde een driedimensionale uitbreiding te geven.[82.] Evenals hun leermeester stonden Van Kerckhoff en E. Mulder sceptisch tegenover het werkelijk bestaan van atomen. Von Baumhauer nam ze zonder enige kritiek aan en alleen Gunning was er een overtuigd aanhanger van. Hij was daardoor een van de weinige landgenoten die de theorie van het asymmetrisch koolstofatoom van Van 't Hoff snel aanvaardde. Pas tegen het eind van de vorige eeuw zou de scheikunde in ons land een nieuwe hoogtepunt bereiken met het werk van Van 't Hoff en Bakhuis Roozeboom.

Mulders leerlingen in Nederlands Oost-Indïe

Al in Rotterdam was Mulder adviseur van de Nederlandsche Handel-Maatschappij en van het Ministerie van Koloniën. Voor de eerste onderzocht hij o.a. een aantal uit Smyrna afkomstige opiumsoorten (1834) en deed hij een uitvoerig vergelijkend scheikundig onderzoek naar de kwaliteit van een aantal Javaanse en Chinese theesoorten (1835). In zijn functie van adviseur van het Ministerie van Koloniën onderzocht hij twee Indische watersoorten (1840, 1848), die zeer belangrijk waren voor de volksgezondheid wegens een hoger gehalte aan jodium dan normaal en deed hij onderzoek naar het gehalte van tin in erts afkomstig van het eiland Banka (1851).[83.]

In 1845 besloot de minister van koloniën Jean Chrétien baron Baud jongelieden (maximaal acht tegelijk) te laten opleiden tot militair apotheker voor Indië. Tot dan toe kregen zij een praktische opleiding in een apotheek. Nu werden zij verplicht colleges natuurkunde, scheikunde, artsenijbereidkunde, plantkunde, dierkunde en aardkunde, alsmede practica bij Mulder in Utrecht te volgen. In tegenstelling tot de burgerapothekers was er voor de militaire apothekers dus reeds in 1845 een soort van universitaire studie met aansluitend een examen gecreëerd. Gemiddeld had Mulder een tiental leerlingen per jaar. Farmacie en botanie werden gedoceerd door

Rauwenhoff. Van Laer gaf van 1849-1859 mineralogie en geologie. Hij gaf zijn drukbezoch-

te colleges kosteloos en stopte er in 1859 mee toen hij niet tot lector werd benoemd en geen vaste aanstelling kreeg.

Op 16 januari 1846 kon Mulder aan Berzelius schrijven dat de regering hem opdracht had gegeven het onderwijs voor de farmaceuten voor de koloniën te verzorgen. Hij kreeg daardoor meer studenten. 'Je travaille avec 26 jeunes hommes dans mon laboratoire'.[84.] In 1850 vertrokken Mulders eerste leerlingen naar Indië in de rang van apotheker derde klasse.

In de loop der jaren leverde Mulder een groot aantal apothekers af. Onder hen behoorde als een van de eersten in 1850 Dignus Willem Rost van Tonningen (geb. 1823) die, na in 1853 eervol te zijn ontslagen, van 1854-1858 landbouwchemicus was op het laboratorium te Buitenzorg. Onder Mulders 'Indische' leerlingen behoorden voorts de kina-onderzoekers Karel Wessel van Gorkom (1835-1910), die in 1856, en Johan Carel Bernelot Moens (1837-1886), die in 1858 naar Indië vertrokken.

Mulder wilde graag een combinatie tot stand brengen tussen de werkkring van militair apotheker in Indië en de praktische beoefening van de scheikunde aldaar. Hoewel hij zijn beste leerlingen naar Indië stuurde, heeft de chemische wetenschap er niet veel van geprofiteerd. De praktijk in een militair hospitaal is moeilijk te verenigen met de beoefening van de scheikunde als zuivere wetenschap en ook is een militair regime niet bijzonder gunstig voor wetenschappelijk onderzoek. Meer succes had de toepassing van de scheikunde op het gebied van fytochemie en landbouwchemie, omdat ze hier van belang was voor de cultures.[85.] Als raadsman van het departement van koloniën zorgde Mulder er al vroeg voor dat er te Batavia een laboratorium voor het mijnwezen werd opgericht en te Buitenzorg een landbouwscheikundig laboratorium. In 1848 vertrok Fromberg als landbouwchemicus van de Indische regering naar de Oost, waar hij - na een aantal reizen over Java - in 1851 het landbouwchemisch laboratorium te Buitenzorg stichtte. Zijn voornaamste werk handelde over de chemie van het suikerriet, alsmede over inlandse geneeskrachtige planten en de waarde van guano als kunstmest. Hij overleed reeds in 1858 te Buitenzorg. Als assistenten had hij Rost van Tonningen (1854) en Van Gorkom (1857), die op aanbeveling van Mulder naar Indië was gekomen als chemicus voor de kinacultuur. In oktober 1860 werd het Buitenzorgse laboratorium weer opgeheven. De scheikundige bestudering van de kina bleef voortduren dankzij Mulders bemoeienissen. Maar toen hij Van Gorkom aanbeval als scheikundige bij de jonge gouvernementskinaonderneming, lukte hem dat niet. De leider van de onderneming Franz Wilhelm Junghuhn (1809-1864) wist - tegen de zin van Mulder in - Johan Eliza de Vrij (1813-1898), lector aan de Clinische School in Rotterdam, benoemd te krijgen. Hij werd speciaal belast met het onderzoek van de verschillende kinabastsoorten (1857). Na het overlijden van Junghuhn was de toestand van de kinacultuur in Indië bijzonder slecht. De Vrij keerde wegens gezondheidsredenen in 1863 terug naar Europa. Hij richtte in Den Haag een kinalaboratorium op waar hij zich onvermoeid bezighield met kinologische onderzoekingen. Van Gorkom werd benoemd tot kinachemicus en hij wist zich snel tot vooraanstaand kinoloog te ontwikkelen. Dank zij hem werd de kinacultuur in Indië tot bijzondere hoogte opgevoerd.[86.] In 1875 werd hij opgevolgd door Bernelot Moens. Deze was was van 1858-1866 werkzaam geweest op het chemisch laboratorium te Batavia en belast met analyses van delfstoffen en grondsoorten. Van 1866-1872 deed hij aan het militair hospitaal te Batavia onderzoekingen van

drinkwater en kreeg hij bekendheid door zijn studie van de kina. In 1872 volgde zijn benoeming tot scheikundige bij de gouvernements-kinaonderneming.[87.] Van Gorkom bleef tot 1878 hoofdinspecteur van de suiker- en rijstkultuur en keerde in 1880 naar het moederland terug.

In de periode 1810-1870 werkten in Indië een aantal medici, farmaceuten, biologen en chemici die in de Archipel getroffen werden door de geologische verschijnselen die ze waarnamen en die door hen werden onderzocht en beschreven.[88.] Het werk van deze ‘geologische dilettanten’ leidde tot een groot aantal niet-samenhangende waarnemingen uit het gebied van de gehele Archipel. Tot deze groep van mensen behoorden ook leerlingen van Mulder. Van belang zijn vooral Croockewit en Vlaanderen.

Toen de regering van Nederlands Oost-Indië zich in 1843 realiseerde dat de Chinezen die op Banka tin uit tinerts wonnen, een methode volgden waarbij veel tin in de slakken achterbleef, liet zij dit onderzoeken door de adviseur van het departement van koloniën, G.J. Mulder. Deze vond in 1844 dat de slakken een gehalte van 16-29% tin bevatten en in 1847 zelfs een gehalte van 33-40%. Op Mulders advies benoemde de regering op Java Croockewit om het winnen van tin op Billiton te bestuderen (1849). Gedurende drie maanden (van 13 oktober tot 24 december 1850) verbleef Croockewit op het eiland waarbij hij tot de curieuze vaststelling kwam dat op Billiton geen tinerts voorkwam.[89.] Uit zijn onderzoek bleek overduidelijk ‘dat het eiland Billiton geen tinerts in zijnen bodem bevat, namelijk niet op zulke wijze, als tot heden toe de tinerts op Banka gevonden wordt en aldaar bewerkt kan worden’.[90.] Het doorslaggevend bewijs van het tegendeel werd 1 ½ jaar later geleverd door een expeditie van John Francis Loudon (1821-1895). Op de carrière van Croockewit had zijn slecht geoutilleerd onderzoek evenwel geen invloed. Hij werd belast met het onderzoek van de steenkolenlagen op Borneo en later met wetenschappelijke waarnemingen in de Molukken en op Nieuw Guinea. In 1860 werd hij assistent-resident en hij eindigde zijn loopbaan als resident van Banka. In 1871 verliet hij 's lands dienst.

Vlaanderen werkte vanaf 1859 in Indië aan de verbetering van de winning van het Bankatin. Hij werd chef van het scheikundig laboratorium van het mijnwezen en was van 1878-1881 hoofdadministrateur van de Billitonmaatschappij. Vlaanderen voerde een oven in die in beginsel dezelfde was als de gebruikte eenvoudige Chinese oven, maar in details zoveel was verbeterd dat zijn capaciteit 50% hoger was. De gebruikte blaasbalg verving hij door een ventilator aangedreven door waterkracht. In het algemeen kan men stellen dat Mulders leerlingen in Indië zich vooral bezighielden met chemische analyses van delfstoffen en mineraalwateren, waardoor ze hebben bijgedragen tot een inventarisatie van datgene wat de bodem in Indië te bieden had.

Uit het bovenstaande is gebleken dat Mulder, behalve een meer dan middelmatig chemicus, de grondlegger was van het scheikundig onderwijs in ons land. Bij hem werden talrijke studenten op het laboratorium als chemicus opgeleid. Het onderwijs was voor Mulder misschien wel belangrijker dan wetenschappelijk werk zelf. Volgens Gunning was het ‘hem trouwens altijd minder te doen om de wetenschap zelve, dan om de wijze waarop zij beoefend werd. Van die oefening wachtte hij vooral zedelijk nut, omdat hij er zedelijke eischen aan stelde, niet slechts wegens de inspan-

ning, die den geest daarbij wordt opgelegd, maar zeer bepaald ook uit het oogpunt der wetenschappelijke methode'.[91.] Meer dan door zijn talrijke bijdragen tot de chemische wetenschap, bekleedt Mulder in de Nederlandse wetenschapsgeschiedenis een belangrijke plaats als onderwijsgevend hoogleraar. Onderwijs was voor hem opvoeding. 'Het onderwijs geven moet voor alles zijn den mensch in zijne beste hoedanigheden ontwikkelen'.[92.] Wil men Mulders betekenis goed beoordelen, dan moet men zijn praktisch chemisch onderwijs op de eerste plaats zetten.

Het laatste kwart van de negentiende eeuw

Bij de hervatting van zijn colleges op 26 september 1904 herdacht Bakhuis Roozeboom het overlijden van zijn collega Lobry de Bruyn op 23 juli van dat jaar. De Amsterdamse hoogleraar merkte toen op: 'De chemie in Nederland verkeerde kort te voren [namelijk in de jaren '70 van de negentiende eeuw] vrij algemeen in kwijnenden toestand. Het gesternte van Van 't Hoff was nog pas aan de kim verrezen. Maar te Leiden was de chemie juist ten vorigen jare uit een langen slaap opgewekt door de benoeming van de Hoogleeraren van Bemmelen en Franchimont. En in zeer korten tijd bleek het, dat van hunne gemeenschappelijke actie nieuwe en beteekenisvolle kracht uitging voor de verheffing van het onderwijs in de chemie in Nederland zoowel als voor de verhooging van het peil en voor de uitbreiding van den omvang van het wetenschappelijk werk'.[93.]

In Leiden ontstond in het laatste kwart van de negentiende eeuw een actief centrum van chemisch onderzoek. In december 1873 was A.H. van der Boon Mesch door ernstige ziekte gedwongen het hoogleraarsambt neer te leggen. Na zijn emeritaat in 1874 werd besloten een afzonderlijke leerstoel voor de organische chemie in te stellen. Van der Boon Mesch werd voor de anorganische scheikunde opgevolgd door J.M. van Bemmelen, terwijl A.P.N. Franchimont een buitengewoon hoogleraarschap voor de organische chemie kreeg, dat in 1877 werd omgezet in een ordinariaat.

Jacob Maarten van Bemmelen (1830-1911) was na zijn promotie bij Van der Boon Mesch in 1854 leraar schei- en natuurkunde geworden aan de industrieschool en de landbouwschool in Groningen, daarna directeur van de juist opgerichte hogere burgerschool in die stad (1864) en vervolgens directeur van de hogere burgerschool in Arnhem (1869).[94.] Zijn werkkring in Groningen bracht hem tot landbouwscheikundige onderzoekingen, die voor zijn wetenschappelijke loopbaan beslissend zouden worden. Met zijn zwager J.D. Boeke (1842-1902), later scheikundeleraar en directeur van de hogere burgerschool in Alkmaar, publiceerde hij in 1859 een onderzoek over: 'De verbetering der zure gronden in den Haarlemmermeer'. Voorts verschenen van hem artikelen over 'Bouwstoffen tot de kennis van de kleigronden in de provincie Groningen' (1863), 'Over de zamenstelling en den aard der grondsoorten, die voor de meekrapcultuur geschikt zijn' (1864) en 'Scheikundig onderzoek van terpaarde' (1868). Uit deze onderzoekingen blijkt dat Van Bemmelen steeds een open oog had voor de praktische toepassingen van de scheikunde, met name voor de ontwikkeling van de landbouw. In Leiden zette hij zijn landbouwscheikundige onderzoekingen voort. Zijn wetenschappelijk belangrijkste werk is dat op het gebied van

de colloïdchemie. Van Bemmelen schreef het vermogen van de akkeraarde om zuren, basen en zouten uit een oplossing vast te leggen toe aan in de aarde aanwezige colloïdale stoffen. Hij onderzocht de eigenschappen van tal van colloïden, waarbij zijn aandacht vooral gericht was op de hydrogelen van metaaloxyden: de opneming en onttrekking van water bij verschillende dampspanningen en de structuurveranderingen die daarbij optreden. Omdat bij hydrogelen de dampspanning bij wateronttrekking continu verandert, voerde hij het begrip absorptieverbinding in (1888) en wees nadrukkelijk op het verschil tussen deze verbindingen en de gewone chemische verbindingen ('chemische' hydraten). Bij zijn onderzoekingen ontdekte hij het verschijnsel van de chemische hysterese. De vele experimentele studies van Van Bemmelen werden door Wolfgang Ostwald in 1910 gebundeld uitgegeven als: *Die Absorption. Gesammelte Abhandlungen über Kolloide und Absorption von J.M. van Bemmelen*.

Van Bemmelen Leidse collega Antoine Paul Nicolas Franchimont (1844-1919) trok dadelijk na zijn promotie bij Van der Boon Mesch over een *Bijdrage tot de kennis van het ontstaan en de chemische constitutie der zoogenaamde terpeenharsen* (1871) naar Bonn, waar hij assistent werd van August Kekulé.[95.] Franchimont maakte daar naam door de bereiding van het triphenylmethaan door diphenylkwik met benzalchloride in toegesmolten buizen op 150-155 ^{o}C te verhitten.[96.] In 1872-1873 werkte Franchimont op het laboratorium van Adolphe Wurtz in Parijs. Na een paar jaar als leraar scheikunde aan de Wageningse hogere burgerschool te hebben gewerkt, volgde zijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar in Leiden, waar hij spoedig een organisch-chemische school vormde. Onder zijn leerlingen (hij had 42 promovendi) vinden we een viertal (latere) hoogleraren in de organische chemie: A.F.Holleman in Amsterdam (1893) en Groningen (1905), C.A.Lobry de Bruyn in Amsterdam (1896), P. van Romburgh in Utrecht (1902) en Hilmar Johannes Backer (1882-1959) in Groningen (1916).

Franchimont gaf uitstekend onderwijs. In 1879 publiceerde hij voor zijn practicanten een *Handleiding bij praktische oefeningen in organische chemie voor eerstbeginnenden*. Voor het onderwijs schreef hij verschillende leerboeken waaruit de ontwikkeling van de organische scheikunde in zijn tijd duidelijk naar voren komt. Franchimonts *Leiddraad bij de studie van de koolstof en hare verbindingen* beleefde twee drukken (1878 en 1881). Van de derde druk werd alleen het eerste stuk als *De koolstof en hare verbindingen. Leiddraad bij de studie der zoogenaamde organische chemie* (1889) gepubliceerd. Voor het middelbaar onderwijs verscheen van zijn hand een driedelige *Beginselen der chemie* (1884-1886) en een *Kort leerboek der organische chemie als leiddraad bij middelbaar onderwijs* (1880).

Franchimont vond het leren van de eigenschappen en de bereidingswijzen van chemische verbindingen op zichzelf vrij nutteloos. Een dergelijke kennis draagt weinig bij tot de vorming van de student. Veel nuttiger is het volgens hem om het verband op te sporen tussen de samenstelling van de stoffen en hun eigenschappen. Daartoe voerde hij het begrip functie in voor een complex van eigenschappen die te danken is aan de aanwezigheid van bepaalde atoomgroepen. Bij zijn eigen onderzoekingen streefde hij er steeds naar de eigenschappen af te leiden van organische verbindingen die bepaalde atoomgroepen tegelijk bezitten. Hierdoor maakte hij de organische scheikunde van een beschrijvende wetenschap tot een systematisch en logisch geheel.

Zijn belangrijkste onderzoekingen betroffen de suikers en de acetylering ervan. In 1883 ontdekte hij twee nieuwe klassen van organische verbindingen: met de ontdekking van het dinitrodimethyloxamide had hij de eerste vertegenwoordiger van de alifatische nitramiden verkregen en met het dimethylnitramine de eerste van de klasse van de alifatische nitraminen.[97.]

In 1882 richtte Franchimont met W.A. van Dorp, S. Hoogewerff, E. Mulder en A.C. Oudemans jr het *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* op met het doel de Nederlandse chemici de mogelijkheid te bieden hun onderzoekingen in de Franse taal aan het buitenland bekend te maken. Tot 1891 werden vrijwel alle redactionele werkzaamheden door Franchimont verricht. Het was niet de eerste maal dat onze landgenoten de behoefte hadden de beschikking te hebben over een eigen tijdschrift waarin ze in een internationale taal hun onderzoekingen bekend konden maken. Het Gezelschap der Hollandsche Scheikundigen deed dit al tussen 1792 en 1794 met de uitgave van de *Recherches physico-chymiques* en Gerrit Jan Mulder volgde tussen 1838 en 1840 met zijn *Bulletin des sciences physiques et naturelles en Neérlande*. Algemener dan het *Recueil* was het in 1866 door de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem gestarte *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, waarin ook scheikundige artikelen werden opgenomen. Initiatiefnemer was waarschijnlijk E.H. von Baumhauer, sinds 1865 secretaris van de Hollandsche Maatschappij.[98.]

Aan de in 1877 gestichte Universiteit van Amsterdam was het J.H. van 't Hoff, die op voorspraak van J.W. Gunning in 1877 benoemd was tot lector en het volgend jaar bevorderd tot hoogleraar, die daar een Nederlandse school van fysisch-chemici vormde. Na zijn vertrek naar Berlijn (1896) werd hij opgevolgd door de Leidse lector H.W. Bakhuis Roozeboom die na een kort, maar vruchtbaar hoogleraarschap in 1907 overleed. Op deze beide coryfeeën van de Nederlandse scheikunde zullen we in de volgende twee hoofdstukken uitvoerig ingaan. Gunning werd bij zijn aftreden in 1896 opgevolgd door Cornelis Adriaan Lobry van Troostenburg de Bruyn (1857-1904), die na zijn promotie in Leiden (1883) als chemicus bij de marine werkzaam was.[99.] Hier deed hij onder andere vergelijkende studies van methyl- en ethylalcohol als oplosmiddelen, die leidden tot de bereiding van kristallijn hydroxylamine (1891) en watervrij hydrazine (1894). Hij verbeterde voorts de bereiding van knalkwik. In Amsterdam deed hij met Willem Alberda van Ekenstein (1858-1937), chemicus en directeur van het rijkssuikerlaboratorium in Amsterdam, uitvoerige onderzoekingen over suikers. In 1899 verkregen ze chitosamine als kristallijne verbinding. Uitvoerig onderzochten ze de inwerking van zwak alkalische waterige oplossingen op suikers met zes koolstofatomen (1896). De verandering van het draaiingsvermogen van de suikers leidde tot de vaststelling dat de verschillende suikers (D-glucose, D-mannose en D-fructose) zich hierbij in elkaar omzetten. Hiermee konden ze een nader inzicht geven in de configuratie van deze klasse van chemische verbindingen.

Lobry de Bruyn werd in Amsterdam opgevolgd door Arnold Frederik Holleman (1859-1953). Deze had in 1893 de Groningse leerstoel anorganische en organische scheikunde van Rudolph Sicco Tjaden Modderman (1831-1924) overgenomen. Modderman, in 1869 hoogleraar geworden, had zijn ambt wegens gezondheidsreden neergelegd. Hij was meer een popularisator dan een scheikundige van enige betekenis.[100.] Holleman hield zich vooral bezig met het bestuderen van substitutiereacties in

aromatische verbindingen met behulp van fysisch-chemische methoden. Hij wilde de tot dan toe bekende experimentele gegevens overzichtelijk samenvatten en systematisch ordenen. In zijn onderzoekingen vond hij algemene regels die hij met succes kon gebruiken bij het kwalitatief voorspellen van de substitutiepatronen, die bij nog niet onderzochte reacties zullen ontstaan. De resultaten van zijn omvangrijk onderzoek over de substitutie in de benzeenkern, begonnen in Groningen en voltooid in Amsterdam, vatte Holleman in 1910 samen in zijn handboek: *Die direkte Einführung von Substituenten in den Benzolkern. Beitrag zur Lösung des Substitutionsproblems in aromatischen Verbindungen*.

Behalve als wetenschappelijk onderzoeker heeft Holleman een bijzonder grote invloed uitgeoefend door zijn leerboeken. In 1896 verscheen het *Leerboek der organische Chemie*, waarvan vele drukken zijn verschenen en dat in verschillende talen is vertaald. De opzet van dit leerboek week sterk af van de toen in ons land gebruikelijke die te veel feiten gaven en te weinig theorie. Holleman wilde een tussenweg bewandelen. 'Het feitenmateriaal is zooveel mogelijk verminderd en aan de structuurbewijzen een ruime plaats gegeven, zoodat voor zeer vele der verbindingen, die zijn vermeld, het bewijs hunner structuurformule is aangevoerd'.[101.] Ook in zijn *Leerboek der anorganische Chemie* (1898) is 'het feitenmateriaal [...] derhalve ook hier beperkt, en aan de uiteenzetting der belangrijkste theorien meer plaats ingeruimd'.[102.]

Holleman was korte tijd assistent van Van 't Hoff geweest (1887-1888). Deze periode was voor hem zeer belangrijk omdat hij door Van 't Hoffs invloed meer en meer gebruik ging maken van fysisch-chemische methoden in zijn onderzoekingen. In zijn Groningse oratie van 21 oktober 1893 vergeleek hij de organisch-preparatieve en de fysisch-mathematische richting in de scheikunde. 'Ieder heeft zijn eigen vraagstukken, maar beide kunnen elkander bij de oplossing daarvan onschatbare diensten bewijzen. Hoe meer de beoefenaars van beide richtingen dit in het oog houden, hoe meer er van weerszijden waardeering voor ieders streven bestaat, met des te zekerder gang zal de scheikunde vooruitgaan'.[103.] Dit was het motief dat als een rode draad door zijn gehele werk loopt.

Behalve aan de drie universiteiten werd scheikunde ook beoefend aan de Polytechnische School in Delft. Hier was Antoine Corneille Oudemans jr in 1864 tot hoogleraar in de scheikunde benoemd. Hij kreeg een nieuw scheikundig laboratorium dat de gehele dag voor de studenten openstond. Zijn wetenschappelijke onderzoekingen betroffen vooral het bepalen van fysische constanten (brekingsindex, soortelijk gewicht, draaiingsconstante), gedeeltelijk als bijdrage tot het theoretisch werk van anderen. Oudemans wilde theorieën door anderen ontwikkeld aan de feiten toetsen, maar probeerde ook zelf regelmatigheden uit zijn waarnemingen af te leiden. Gedeeltelijk deed hij zijn waarnemingen ook voor direct praktisch nut. Zo leidde zijn bepalingen van het soortelijk draaiingsvermogen van de voornaamste kinaalkaloïden in vrije en gebonden toestand (een in de eerste plaats zuiver theoretisch onderzoek) tot de kwantitatieve bepaling van kina in kinabasten.[104.]

Toen Oudemans in 1885 hoogleraar-directeur van de Polytechnische School werd, bleef hij de colleges algemene scheikunde en scheikunde der niet-metalen geven, terwijl voor de organische, analytische en overige anorganische chemie Sebastiaan Hoogewerff (1847-1934) als hoogleraar werd benoemd. Hoogewerff, een leerling

van Rudolph Fittig in Göttingen, was leraar aan de Rotterdamse hogere burgerschool (1869) en deed samen met de ambteloze Amsterdamse scheikundige Willem Anne van Dorp (1847-1914) onderzoekingen op het gebied van de organische chemie. In 1879 wisten ze de structuurformule van chinoline te bepalen, gevolgd door de isolering en structuurbepaling van isochinoline in steenkolenteer (1885). In 1886 publiceerden ze de zogenoemde ‘omlegging van Hoogewerff en Van Dorp’, de inwerking van broom en loog op zuuramiden.[105.] Met deze reactie deden ze een reeks fraaie onderzoekingen over intramoleculaire omleggingsreacties. In januari 1890 wisten de beide chemici op het laboratorium van Van Dorp anthranilzuur volgens de nieuwe methode uit phtaalimide te bereiden.[106.] Deze reactie was van grote betekenis omdat ze toentertijd het uitgangspunt was voor de bereiding van indigo. In 1893 ontdekten Hoogewerff en Van Dorp de iso-imiden, een klasse van organische verbindingen die een grote rol zouden spelen bij het ophelderen van de structuur van stoffen als phtalylchloride en bij onderzoekingen over het additievermogen van zuurstof. Hoogewerff was nauw betrokken bij de reorganisatie van de Polytechnische School tot Technische Hoogeschool, waarvan hij van 1905-1907 de eerste rector magnificus was.[107.]

In de beginjaren van deze eeuw zien we aan alle universiteiten mutaties in het docentencorps optreden. In Leiden werd Van Bemmelen in 1901 opgevolgd door zijn leerling Franciscus Antonius Hubertus Schreinemakers (1864-1945), sinds 1896 lector in de fysische chemie. Willem Paulinus Jorissen (1869-1959) werd in 1902 privaatdocent en in 1908 lector voor technische en physische chemie. In Utrecht kwam er in 1902 een dubbele vacature wegens het aftreden van Dibbits en E. Mulder. Ernst Julius Cohen (1869-1945), buitengewoon hoogleraar in de fysische chemie in Amsterdam (1901), werd benoemd tot hoogleraar in de fysische en anorganische chemie, terwijl Pieter van Romburgh (1855-1945) de organische scheikunde kreeg toebedeeld. In Amsterdam werd Lobry de Bruyn in 1905 opgevolgd door Holleman en Bakhuis Roozeboom in 1907 door Andreas Smits (1870-1948). De benoeming van Holleman in Amsterdam leidde er in Groningen toe dat Johan Fredrik Eykman (1851-1915), die sinds 1897 hoogleraar in de farmacie was, de scheikunde ging doceren, terwijl als lector in de propaedeutische scheikunde Jacob Böeseken (1868-1949) werd benoemd. Deze volgde echter al in 1907 Hoogewerf als hoogleraar in de organische scheikunde en de toepassing ervan aan de Technische Hogeschool in Delft op. Het Groningse lectoraat ging naar Frans Maurits Jaeger (1877-1945), die reeds het jaar erop (1909) tot hoogleraar in de anorganische en fysische scheikunde en het propaedeutisch onderwijs werd benoemd.

Eindnoten:

1. J.R. Deiman, *Neues Allgemeines Journal der Chemie* 7(1801)593-594
2. H.A.M. Snelders, ‘Chemische laboratoria in de negentiende eeuw’. *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9(1986)204-215
3. P.C. Molhuysen, *Bronnen tot de geschiedenis der Leidsche universiteit* ('s-Gravenhage, 1924), deel VII, pp. 87*-88*
4. *Staatscourant* 1815, no. 242 en 243
5. *Idem*, art. 190

6. S.C.J.B. Loschacoff-de Kanter, ‘Het Industrie College te Leiden’, *Leids Jaarboekje* 62(1970)125-147; J. MacLean, ‘Het handels- en nijverheids-onderwijs van 1800 tot 1850’, *Kleio* 18(1977)3-30
7. A. Vrolik, ‘Levensschets van Dr A.H. van der Boon Mesch’, *Levensberichten der afgestorvene medeleden van de Maatschappij der Nederlandsche Letterkunde*. Bijlage tot de Handelingen van 1876, pp. 3-34; F.W. van Eeden, ‘Necrologie van Dr. A.H. van der Boon Mesch’, *Tijdschrift uitgegeven door de Nederlandsche Maatschappij ter bevordering van Nijverheid* (3)15(1874)370-372. Over Van der Boon Mesch' minder voorspoedig huwelijksleven en de affaire van zijn echtgenote met Gerrit van der Linde (de Schoolmeester), zie: M. Mathijsen, H. Eijssens en D. Welsink, *Schandaal in Leiden. Brieven over de lotgevallen van de theologiestudent Gerrit van der Linde* (Amsterdam, 1978)
8. J.B. Morell, ‘The chemist breeders. The research schools of Liebig and Thomas Thomson’, *Ambix* 19(1972)1-46
9. H. Collot d'Escury, *Holland's roem in kunsten en wetenschappen* ('s-Gravenhage, Amsterdam, 1824-1844). Zevende deel. Het derde der wetenschappen, 1844, p. 128
10. H. Collot d'Escury, *idem*, p. 162
11. H. Collot d'Escury, *idem*, p. 164
12. H.A.M. Snelders, ‘Romantiek en natuurwetenschappers in Nederland (1800-1850)’, *De Negentiende Eeuw* 8(1984)72-90
13. H.A. van der Boon Mesch, ‘Qua ratione servat Natura proportionem inter principia proxima Atmosphaerae’, *Annales Academiae Lugduno-Batavae* 1817, p. 3
14. J.G.S. van Breda, *Aanmerkingen omtrent den staat en de evenredigheid der bestanddeelen van de dampkringslucht, en onderzoek van hetgeen daaromtrent gesteld is in zekere verhandeling van den heer H.C. van der Boon Mesch, Medicinae Studiosis* (Amsterdam, 1820), p. 30
15. C. Mulder, *Handleiding tot de scheikunde, ten gebruike bij mijne lessen, en voor eigen oefening van apothecars leerlingen en liefhebbers dier wetenschap* (Amsterdam, 2 delen, 1824, 1825), deel I, pp. VIII-XI
16. R. Hooykaas, ‘Het ontstaan van de chemische atoomleer’, *Tijdschrift voor Philosophie* 9(1947)63-136; ‘Dalton's atoom- en molecuultheorie’, *Chemisch Weekblad* 44(1948)229-237; ‘De wordingstheorie van Dalton's theorie’, *idem* pp. 321-330; ‘Het karakter van Dalton's theorie’, *idem* pp. 339-343 en ‘De oorsponkelijkheid van Dalton's theorie’, *idem* pp. 401-411
17. A.H. van der Boon Mesch, *Leerboek der scheikunde, met toepassing op kunsten en fabryken* (Delft, 1831), deel I, pp. 21-22
18. Vgl.: H.A.M. Snelders, ‘The attitude in the Netherlands towards the atomic theory during the first half of the nineteenth century’, *Janus* 63(1976)111-131 en ‘Negentiendeeeuwse theorieën over de materie’, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 4(1981)168-187
19. S. Stratingh, ‘Chemische Atomen’, *Algemeene Konst- en Letter-Bode, voor het jaar 1824*, deel I, p. 426-428
20. S. Stratingh, *Beknopt overzigt over de leer der Stochiometrie, dienstbaar gemaakt ter verklaring en aanwending van stochiometrische beweegbare cirkels* (Groningen, 1827), pp. 60-62
21. S. Stratingh, *idem*, p. V
22. S. Stratingh, *idem*, p. 79
23. Regel van drieën: bewerking tot het vinden van een getal door het als vierde term van een evenredigheid te beschouwen.
24. W.H. Wollaston, ‘A synoptic scale of chemical equivalents’, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 104(1814)1-22. Stratingh verwees naar de Duitse vertaling: ‘Synoptische Scale der chemischen Aequivalente’, *Journal für Chemie und Physik* 12(1814)85-105. Vgl.: D.C. Goodman, ‘Wollaston and the atomic theory of Dalton’, *Historical Studies in the Physical Sciences* 1(1969)37-59
25. S. Stratingh, *Beknopt overzigt over de leer der Stochiometrie*, p. 85
26. S. Stratingh, *idem*, pp. 90-93
27. *Algemeene Konst- en Letter-Bode, voor het jaar 1828*, deel I, pp. 51-53
28. H.A.M. Snelders, ‘Het materiebegrip bij Buys Ballot’, *Scientiarum Historia* 10(1968)154-172
29. C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur* (Utrecht, 1849), p. 1
30. C.H.D. Buys Ballot, *idem*, p. 1
31. C.H.D. Buys Ballot, *idem*, p. 2
32. C.H.D. Buys Ballot, *idem*, p. 3
33. C.H.D. Buys Ballot, *idem*, p. XVI; vgl. p. 196 en *Fortschritte der Physik im Jahre 1849* 5(1853)6
34. Boscovich (1711-1787) publiceerde in 1758 een dynamische atomistiek in zijn *Theoria philosophiae naturalis*, nadat hij er in zijn *De viribus vivis* (1745) al over had gesproken. De kleinste materiedeeltjes zijn voor Boscovich puntvormige krachtcentra: de materie bestaat uit mathematische punten zonder enige uitgebreidheid, welke zweven in een lege ruimte. Alle verandering geschiedt niet door direct contact (hetgeen onmogelijk is), maar door krachten die afhankelijk zijn van de afstanden tussen de punten. Boscovich nam daarbij aan, dat de kracht

alterneert tussen aantrekking en afstoting als de afstand tot het krachtcentrum kleiner wordt; uiteindelijk wordt een zeer grote waarde voor de afstoting bereikt bij een zeer kleine kracht. Boscovich ging van één kracht uit en niet zoals Buys Ballot (en ook Kant in zijn *Monadologia physica*, 1756) van twee krachten. Verder namen zowel Boscovich als Kant mathematische punten aan, terwijl Buys Ballot uitging van materiedeeltjes met uitgebreidheid.

35. M.J. Cop, *Verscheidenheid van Ligchamen in betrekking tot Atomen-leer* (Deventer, 1845), p. 1
36. C.H.D. Buys Ballot, *De Gids* 10B(1846)466-478
37. De theorie van Laplace over de capillariteit is te vinden in: *Théorie de l'action capillaire* (Parijs, 1806) en *Supplément de l'action capillaire* (Parijs, 1807). Zie: *Oeuvres de Laplace* (Parijs, 1845), deel IV, pp. 389-461 en 462-552
38. C.H.D. Buys Ballot, *Schets eener physiologie van het onbewerktuigde rijk der natuur*, p. XVI
39. C.H.D. Buys Ballot, ‘Openbare brief aan Dr. J.H. van 't Hoff’, *Maandblad voor Natuurwetenschappen* 6(1875)21-28
40. C.H.D. Buys Ballot, ‘Über die Art von Bewegung, welche wir Wärme und Elektricität nennen’, *Annalen der Physik und Chemie* 103(1858)240-259
41. G.J. Mulder, *Proeve eener algemeene physiologische scheikunde* (Rotterdam, 1843-1850), p. 2
42. G.J. Mulder, *idem*, p. 12
43. G.J. Mulder, *idem*, p. 15
44. G.J. Mulder, *idem*, p. 16
45. G.J. Mulder, *idem*, p. 2
46. G.J. Mulder, *idem*, p. 24
47. G.J. Mulder, *Redevoering over de stoffelijke wereld, een middel tot hoogere ontwikkeling* (Rotterdam, 1845), pp. 14-15
48. J.J.W. Gunning, ‘G.J. Mulder’. In: *Mannen van beteekenis in onze dagen*. Levensschetsen en portretten bijeengebracht door N.C. Balsem (Haarlem, 1882), pp. 139-188; W. Labruyère, *G.J. Mulder (1802-1880)*. Dissertatie Leiden 1938 (Leiden, 1938); J.C. Boogman, *Rondom 1848. De politieke ontwikkeling van Nederland 1840-1858* (Bussum, 1978). Zie ook: E. Homburg, ‘Over het boekenbezit van Gerrit Jan Mulder, aan de hand van een veilingcatalogus’, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 10(1987)45-56
49. E. Cohen, ‘Wat leeren ons de archieven omtrent Gerrit Jan Mulder?’, *Verhandeling der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen*. Afd. Natuurkunde. Eerste sectie 19(1948), no. 2, pp. 1-73
50. G.J. Mulder, *Levensschets [...] door hem zelven geschreven en door drie zijner vrienden uitgegeven* (Rotterdam, 1881), deel I, p. 100
51. G.J. Mulder, *idem*, p. 108
52. G.J. Mulder, *idem*, p. 79
53. M.J. van Lieburg, ‘Gerrit Jan Mulder: docent der Clinische School te Rotterdam’. In: *Lof der Historie. Opstellen over geschiedenis en maatschappij*. Onder redactie van J. van Herwaarden (Rotterdam, 1973), pp. 213-240
54. H.A.M. Snelders, ‘Wie waren de Nederlandse vertalers van Berzelius “Leerboek der scheikunde”?’, *Scientiarum Historia* 10(1968)191-198
55. Vanaf het vierde deel (1836) was de fysicus en meteoroloog Willem Wenckebach (1803-1847) medewerker. Excerpten van artikelen uit het *Natuur- en scheikundig archief* werden in het Frans vertaald in het *Bulletin des sciences physiques et naturelles en Neérlande*, uitgegeven door F.A.W. Miquel, Mulder en Wenckebach (1838-1840).
56. *Jac. Berzelius Bref.* Ed. H.C. Söderbaum (Uppsala, 1916), deel V, p. 83
57. J.J. Berzelius, *idem*, pp. 105-106
58. G.J. Mulder, ‘Over proteine en hare verbindingen en ontledings-producten’, *Natuur- en scheikundig archief* 6(1838)87-162
59. G.J. Mulder, ‘Over plantaardige proteine-verbindingen’, *Scheikundige onderzoekingen, gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool* 4(1848)404-420 en ‘Overzigt der proteine-verbindingen’, *idem*, pp. 421-423
60. E. Glas, ‘The protein theory of G.J. Mulder (1802-1880)’, *Janus* 62(1975)289-308; ‘The Liebig-Mulder controversy’, *idem* 63(1976)27-46 en *Chemistry and physiology in their historical and philosophical relations* (Delft, 1979). Zie ook: *The Letters from Gerrit Jan Mulder to Justus Liebig (1838-1846)*. Edited and annotated by H.A.M. Snelders (Amsterdam, 1986)
61. H.A.M. Snelders, ‘Landbouw en scheikunde in Nederland in de vóór-Wageningse periode (1800-1876)’, *AAG Bijdragen* 24(1984)59-104
62. G.J. Mulder, *Proeve eener algemeene physiologische scheikunde* (Rotterdam, 1843-1850), p. 159
63. G.J. Mulder, *idem*, p. 780
64. G.J. Mulder, *Leerboek voor scheikundige werktuigkunde* (Rotterdam, 1832). Eerste deel, eerste stuk. Voorrede, p. 17
65. G.J. Mulder, *idem*, p. 20

66. G.J. Mulder, *idem*, pp. 26-27
67. G.J. Mulder, *Getuigenis in zake Hooger Onderwijs* (Rotterdam, 1876), p. 323. Zie ook: *Levensschets*, deel I, p. 155: 'Er was in het laboratorium *niets*, niet een tang'. Vgl.: W.P. Jorissen, 'Iets over het onderwijs in de chemie aan het Athenaeum van Amsterdam voor de komst van J.W. Gunning', *Chemisch Weekblad* 8(1911)501-514 en 527-538
68. [P. Harting], *Voorheen en thans 1828-1878. Herinneringen, opmerkingen en wenken door een oud-student* (Utrecht, 1878), pp. 26-27
69. G.J. Mulder, *Levensschets*, deel I, pp. 163-164. Aan Berzelius schreef Mulder op 6 oktober 1840 dat hij de beschikking had gekregen over 'un laboratoire pauvre et même misérable' (*Jac. Berzelius Bref*, deel V, p. 194)
70. G.J. Mulder, *idem*, p. 164
71. *The Letters from Gerrit Jan Mulder to Justus Liebig*, pp. 71 en 75; Rijksarchief Utrecht. Rijksuniversiteit, Curatorenarchief, nr. 6, fol., 217
72. G.J. Mulder, 'Onderzoek van enige proteine verbindingen, gelatina en chondrine', *Scheikundige Onderzoekingen* 1(1842)51-69 (52)
73. H.A.M. Snelders, 'Het chemisch laboratorium "de Leeuwenbergh" te Utrecht (1845-1903)', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 7(1984)129-140
74. G.J. Mulder, *Redevoering over de stoffelijke wereld, een middel tot hoogere ontwikkeling* (Rotterdam, 1845), p. 29
75. H.A.M. Snelders, 'James F.W. Johnston's Influence on Agricultural Chemistry in the Netherlands', *Annals of Science* 38(1981)571-584
76. H. Snellen, *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde* (2) 16 (1880), stuk I, p. 62
77. G.J. Mulder, 'Toespraak bij het openen der Scheikundige Lessen 1841', *Scheikundige Onderzoekingen* 1(1842)1-16 (13)
78. G.J. Mulder, 'Over de Waarde der Natuurkundige Wetenschappen voor de Geneeskunde; uitgesproken bij de opening der Scheikundige Lessen aan de Utrechtsche Hoogeschool 1842', *Scheikundige Onderzoekingen* 1(1842)303-335
79. Volgens Gunning. Naar: Ch.M. van Deventer, *Grepen uit de historie der chemie* (Haarlem, 1924), p. 433. Voor Mulder en zijn leerlingen was 'Buys Ballot's richting [...] te physisch en te wiskundig om door hen gewaardeerd te kunnen worden' (J.W. Gunning, 'Levensbericht van E.H. von Baumhauer', *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 1887, pp. 1-57 (9)).
80. J.W. Gunning, *idem*, p. 9
81. E. Cohen, *Chemisch Weekblad* 38(1941)316
82. H.A.M. Snelders, 'Petrus Johannes van Kerckhoff (1813-1876) and theoretical organic chemistry in the Netherlands', *Janus* 69(1982)77-95
83. J.H.A.M. Snelders, 'Gerrit Jan Mulders bemoeienissen met het natuurwetenschappelijk onderzoek in Nederlands Indië', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 13(1990)253-264
84. *Jac. Berzelius Bref*, deel V, p. 278
85. M. Greshoff, 'Scheikundige arbeid in Nederlandsch-Indië', *Indische Gids* 28(1906), II, pp. 1489-1495
86. K.W. van Gorkom, *De Oost-Indische Cultures in betrekking tot handel- en nijverheid* (Amsterdam, 2 delen, 1881)
87. J.C. Bernelot Moens, *De kinacultuur in Azië van 1854-1882* (Batavia, 1882)
88. L.M.R. Rutten, *Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indië* (Groningen, Den Haag, 1927), pp. 11-12; R.D.M. Verbeek, *Opgave van geschriften over geologie en mijnbouw van Nederlandsch Oost-Indië* ('s-Gravenhage, 1912)
89. J.H. Crookewit, 'Uittreksel van het rapport eener reis over het eiland Billiton, het Gouvernement aangeboden den 15den April 1851', *Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië* 3(1852)355-406 en *Banka, Malakka en Billiton* ('s-Gravenhage, 1852), pp. 123-139
90. J.H. Croockewit, *Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië* 3(1852)402
91. J.W. Gunning, 'Gerardus Johannes Mulder. 27 Dec. 1802 - 18 April 1880', *Utrechtsche Studenten-Almanak 1881*, pp. 363-375 (368). Vgl. G.J. Mulder, *De weg der wetenschap zijnen leerlingen opnieuw aanbevolen* (Rotterdam, 1849)
92. K.M. Giltay, 'Beschouwing van de Levensschets van G.J. Mulder, door hem zelven geschreven', *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*. Bundel, uitgegeeven door de leden der vereeniging bij gelegenheid van het 25-jarig bestaan (1882), pp. 195-200 (198)
93. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Prof. Lobry de Bruyn', *Chemisch Weekblad* 1(1904)957-971 (958)
94. Over Van Bemmelen: F.A.H. Schreinemakers, *Chemisch Weekblad* 8(1911)225-228; H.A. Lorentz, *idem* 261-265 en 283-286 en W.P. Jorissen, in: *Gedenkboek aangeboden aan J.M. van Bemmelen* (Helder, 1910), pp. IX-XXIX en in: *Die Absorption. Gesammelte Abhandlungen über Kolloide und Absorption von J.M. van Bemmelen*. (Dresden, 1910), pp. 1-12
95. P. van Romburgh, *Chemisch Weekblad* 8(1911)243-253 en C.P. van Kerkwijk, *Antoine Paul Nicolas Franchimont 1844-1919*. Dissertatie Leiden (Leiden, 1934)

96. A. Kekulé en A.P.N. Franchimont, ‘Ueber das Triphenylmethan’, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft zu Berlin* 5(1872)906
97. A.P.N. Franchimont, ‘Sur une nouvelle classe de corps azotés’, *Receuil des travaux chimiques des Pays-Bas* 2(1883)94-102 en ‘L'action de l'acide azotique réel (anhydre) sur les corps amidés’, *idem* 2(1883)121-124
98. H.J. van der Beek, *E.H. von Baumhauer. Zijn betekenis voor de wetenschap en de Nederlandse economie*. Dissertatie Amsterdam (Leiden, 1963), pp. 80-81, 85-90
99. Over Lobry de Bruyn: H.W. Bakhuis Roozeboom, *Chemisch Weekblad* 1(1904)957-971; E. Cohen en J.J. Blanksma, *idem* 1(1904)971-999; J.C.A. Simon Thomas, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* 24(1905)223-255
100. W.P. Jorissen, *Chemisch Weekblad* 14(1917)573-578; W. Otterspeer, ‘De studententijd van Co Modderman’, *Leids Jaarboekje* 78(1986)102-133
101. A.F. Holleman, *Leerboek der organische Chemie* (Groningen, 1896), voorrede
102. A.F. Holleman, *Leerboek der anorganische Chemie* (Groningen, 1898), voorrede
103. A.F. Holleman, *Twee richtingen der scheikunde met elkander vergeleken* (Groningen, 1893), p. 30
104. A.C. Oudemans jr., ‘Over de quantitatieve bepaling van kinine in kinabasten met behulp van den polaristrobometer’, *Verslagen en mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen*. Afdeeling Natuurkunde (2)9(1876)370-379 en ‘Over het soortelijk draaiingsvermogen der voornaamste kina-alkaloïden in vrijen en gebonden toestand’, *idem* 16(1876) 1-180. Over Oudemans: S. Hoogewerff, *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* 15(1896)288-321 en *Jaarboek van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 1896. Levensberichten, pp. 69-94
105. S. Hoogewerff en W.A. van Dorp, ‘Sur la préparation de la benzylamine et de la phényléthylamine’, *Receuil travaux chimiques des Pays-Bas* 5(1886)252-254
106. S. Hoogewerff en W.A. van Dorp, ‘De l'action des hypochlorites et des hypobromites alcalins sur quelques imides et sur la phtaldiamide’, *Annales de l'École Polytechnique de Delft* 6(1890)198-203 en *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* 10(1891)4-12
107. Over Hoogewerff: J. Boëseken, *Chemisch Weekblad* 10(1913)648-650 en 14(1917)824-831; W.P. Jorissen et al., *idem* 24(1927)426-435 en 31(1934)48-50.

VI. Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911)

Leven

Jacobus Henricus van 't Hoff werd op 30 augustus 1852 in Rotterdam geboren als het derde kind uit het huwelijk van de geneesheer Jacobus Henricus van 't Hoff en Alida Jacoba Kolff.[1.] (Afb. XX) In september 1867 deed hij toelatingsexamen voor de vierde klasse van de vijfjarige hogere burgerschool te Rotterdam. Dit was een nieuw middelbaar schooltype, ingevoerd door minister Thorbecke bij wet van 2 mei 1863. De nadruk lag op vakken die voor een maatschappelijke carrière van belang waren: wiskunde en natuurwetenschappen, alsmede moderne talen. Latijn en Grieks werden niet gedoceerd. In tegenstelling tot het gymnasium was de hogere burgerschool geen voorbereiding voor hoger onderwijs, maar eindonderwijs voor de middenstand. Ze was dan ook niet bedoeld om er verder mee te studeren en met het eindexamen mocht men geen universitaire studie aanvangen, tenzij men de lastige weg van een aanvullend examen in Latijn en Grieks had afgelegd.

Van 't Hoffs vroege belangstelling voor de scheikunde werd sterk gestimuleerd door zijn leraren dr. F.R. Hubrecht en S. Hoogewerff. In juli 1869 deed hij eindexamen, waarvoor hij als eerste van Zuid-Holland slaagde. Op 7 augustus 1869 kreeg hij het diploma dat tevens als toelatingsexamen gold voor de Polytechnische School in Delft.

In september 1869 ving Van 't Hoff de studie van technoloog aan de Polytechnische School aan. Na het eerste studiejaar nam hij deel aan de suikercampagne in Noord-Brabant. Belangstelling voor scheikundige technologie had hij echter niet veel, wel voor de zuivere chemie. Op 8 juli 1871 legde hij met goed gevolg het examen voor technoloog af en besloot hij scheikunde in Leiden te gaan studeren. Gedurende zijn twee Delftse studiejaren vond Van 't Hoff gelegenheid zich te verdiepen in de wijsgerige werken van Auguste Comte, *Cours de philosophie positive* (1830-1842), William Whewell, *History of the inductive sciences* (1837) en Hippolyte Taine, *De l'intelligence* (1870) en raakte hij onder de bekoring van de gedichten van lord Byron, Robert Burns en Heinrich Heine. Vooral Comtes opvatting dat er relaties bestaan tussen chemie en fysica en dat er een weg is naar een rationeel onderzoek van de scheikunde, maakte een diepe indruk op de jonge student.

Met zijn schoolvriend Antoine Arnold Willem Hubrecht (1853-1915), de latere hoogleraar zoölogie en vergelijkende anatomie in Utrecht, kreeg Van 't Hoff van de minister van binnenlandse zaken toestemming om zonder admissie-examen in Leiden te studeren. Hij bleef er slechts één studiejaar: op 6 oktober 1871 liet hij zich inschrijven en op 21 januari 1872 legde hij het kandidaatsexamen wis- en natuurkunde



XX. Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911).

af. Hij legde zich vooral toe op de studie van de wiskunde. De scheikundestudie (onder H.C van der Boon Mesch) viel hem zo tegen dat hij na zijn kandidaatsexamen Leiden verliet. Van de herfst van 1872 tot half juni 1873 werkte Van 't Hoff bij August Kekulé (1829-1896) in Bonn, toen hèt centrum van het organisch-chemisch on-

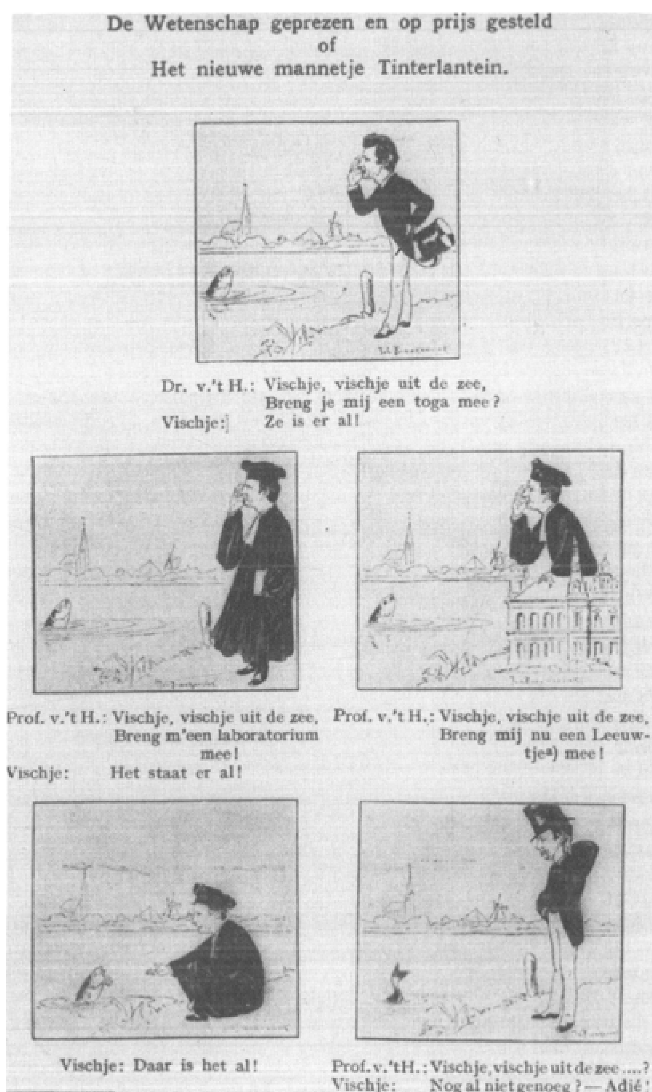
derzoek. Vandaar ging hij naar Utrecht, waar hij zich op 15 september 1873 liet inschrijven en op 22 december van hetzelfde jaar zijn doctoraalexamen scheikunde behaalde. Vervolgens werkte hij van januari tot eind juni 1874 bij Adolphe Wurtz (1817-1884) in Parijs (waar hij Le Bel leerde kennen). Daarna ging hij weer terug naar Utrecht waar hij zich op 23 oktober weer liet inschrijven en op 22 december 1874 bij Eduard Mulder promoveerde op een onbelangrijke dissertatie: *Bijdrage tot de kennis van cyanazijnzuur en malonzuur*. Intussen had hij in september zijn stereochemische denkbeelden in een op kosten van zijn vader uitgegeven brochure gepubliceerd.

Na zijn promotie probeerde Van 't Hoff tevergeefs een betrekking als leraar scheikunde aan de hogere burgerscholen van Breda, Dordrecht en Leeuwarden te krijgen. Om in zijn levensonderhoud te voorzien, gaf hij privélessen in Utrecht en deed in zijn vrije tijd experimenten op het universiteitslaboratorium.

Op 1 maart 1876 werd Van 't Hoff voor een periode van drie jaar benoemd tot ‘assistent aan 's Rijks Veeartsenijschool’ in Utrecht voor het onderwijs in de natuurkunde. Hier zette hij zijn onderzoekingen voort, resulterende in een aantal kleine bijdragen in het *Maandblad voor Natuurwetenschappen*. Spoedig na deze benoeming begon hij met het schijven van de *Ansichten über die organische Chemie*, waarvan het eerste deel in 1878 zou verschijnen.

Toen in 1877 het Amsterdamse Athenaeum Illustre tot Universiteit werd verheven, waren er nieuwe hoogleraren en lectoren nodig. Jan Willem Gunning, die sinds 1865 chemie en toxicologie doceerde, zorgde voor de benoeming van Van 't Hoff als lector in de theoretische en fysische scheikunde (12 september 1877). Op 2 november hield hij zijn (niet-gepubliceerde) openbare les: *Het nut der theorie in de wetenschap*. Een paar maanden later (op 30 januari 1878) werd hem ook het onderwijs in mineralogie en geologie opgedragen. Op 26 juni 1878 werd Van 't Hoff benoemd tot gewoon hoogleraar in chemie, mineralogie en geologie. Hij aanvaardde dit ambt op 11 oktober 1878 met een oratie: *De Verbeeldingskracht in de Wetenschap*. Hierin verweerde de jonge hoogleraar zich tegen de kritiek die een aantal jaren daarvoor de vooraanstaande Duitse chemicus Hermann Kolbe (1818-1884) had geuit tegen zijn stereochemische denkbeelden. Van 't Hoff verdedigde in zijn oratie het goed recht om in de studie van de natuur naast de waarneming ook de verbeeldingskracht te gebruiken. Hij was ervan overtuigd dat ‘de verbeeldingskracht bij de geschiktheid voor wetenschappelijk onderzoek, zoowel als bij den drang om daarvan gebruik te maken, een rol speelt’. Dit bracht hem ertoe om ‘na te gaan of bij mannen, bekend op wetenschappelijk gebied, die gave zich niet op andere wijze uitte dan in hunne onderzoekingen’. Aan de hand van ruim twee honderd levensbeschrijvingen van natuuronderzoekers bleek Van 't Hoff dat ‘zulks werkelijk, en in hooge mate het geval is’. Veel beroemde natuuronderzoekers toonden een uitgesproken neiging tot een gezonde uiting van verbeeldingskracht in hun artistieke temperament; anderen daarentegen een ziekelijke verbeeldingskracht, door hun geloof in spiritisme en hallucinaties, tot krankzinnigheid toe.

Van 't Hoff had in Amsterdam een drukbezette baan. Behalve de wekelijkse colleges algemene grondslagen van de scheikunde gaf hij practica voor 40 tot 50 medische studenten en nog twee uur college theoretische chemie voor vijf toehoorders. Zijn wetenschappelijke belangstelling was vooral gericht op de vraag wat er onder



XXI. Karikatuur van Van 't Hoff naar aanleiding van zijn vertrek naar Berlijn. (Spotprent van Johan Braakensiek in De Amsterdammer van 26 mei 1895).

bepaalde omstandigheden zal gebeuren als men verschillende chemische stoffen bij elkaar brengt. Hiermee werd hij één van de belangrijkste grondleggers van een nieuwe wetenschap, de fysische chemie, hetgeen na zeven jaar resulteerde in het boek: *Études de dynamique chimique* (1884). Van 1885 tot 1890 publiceerde Van 't Hoff de resultaten van zijn onderzoekingen over de osmotische druk waarin de analogie tussen verdunde oplossingen en gassen een grote rol speelde. Hij werd door zijn publikaties steeds beroemder. In juni 1887 werd hem de leerstoel in fysische chemie in Leipzig aangeboden. Van 't Hoff weigerde, waarop de Amsterdamse gemeenteraad hem een nieuw scheikundig laboratorium aanbood dat in 1891 was voltooid op de hoek van de Nieuwe Prinsengracht en de Roetersstraat, en op 26 september 1891 door Gunning werd geopend. Maar dat kon niet voorkomen dat Van 't Hoff steeds minder genoegen vond in zijn werk. In december 1894 kwam Max Planck (1858-1947) naar Amsterdam om Van 't Hoff uit te nodigen naar Berlijn te komen. Op 19 april 1895 zei Van 't Hoff in zijn openingsrede voor het vijfde Nederlandsche Natuur- en Geneeskundig Congres te Amsterdam: ‘Moesten niet naast onze mannen, wier plicht het is te onderwijzen en die, als zij daarvoor lust en tijd hebben, ook wat mogen onderzoeken, anderen staan, wier plicht het is te onderzoeken en die, als zij daarvoor lust en tijd hebben, ook wat mogen onderwijzen?’.[2.] Een maand later nam hij zijn ontslag nadat hij benoemd was tot lid van de Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften. Op 12 maart 1896 werd zijn benoeming tot gewoon lid medegedeeld en op 7 april werd hij bovendien benoemd tot honorair professor aan de Universiteit van Berlijn. (Afb. XXI) Hij kreeg de beschikking over een researchlaboratorium en hoefde slechts één uur per week (en dan nog vrijwillig) college te geven. Al zijn tijd kon hij nu besteden aan zijn scheikundige onderzoekingen en hij was verlost van het administratieve en organisatorische werk dat hij in Amsterdam moest doen.[3.] Zijn colleges werden gepubliceerd als: *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie* (1898-1900) en *Die chemischen Grundlehren nach Menge, Mass und Zeit* (1912). Zijn wetenschappelijke verdiensten werden niet alleen erkend door de toekenning van de eerste Nobelprijs voor scheikunde (voor zijn werk over de osmotische druk in oplossingen en over chemische dynamica; 1901), maar ook door benoemingen van talrijke wetenschappelijke genootschappen en het toekennen van eredoctoraten door verschillende universiteiten. Op 1 maart 1911 stierf Van 't Hoff aan longtuberculose. Zijn lichaam werd op 5 maart gecremeerd en de as werd bijgezet op de begraafplaats van Berlijn-Dahlem.

Stereochemie

In 1874 verscheen in Utrecht bij de uitgever J. Greven een twaalf pagina's tellende brochure getiteld: *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte; benevens een daarmeê samenhangende opmerking omtrent het verband tusschen optisch actief vermogen en chemische constitutie van organische verbindingen.* Aan het slot van de brochure, welke gedateerd was 5 september 1874, vinden we de naam van de schrijver: J.H. van 't Hoff. Deze paste hierin het tetraëdermodel toe voor de verklaring van zowel de optische activiteit van organische verbindingen, als voor de structuur van organische verbindingen

met een twee- en een drievoudige binding. Vrijwel gelijktijdig en onafhankelijk van onze landgenoot hield de Franse chemicus Joseph Achille le Bel (1847-1930) op 5 november 1874 in Parijs een voordracht voor de Société Chimique de France: ‘Sur les relations qui existent entre les formules atomiques des corps organiques et le pouvoir rotatoire de leurs dissolutions’.[4.]

Van 't Hoff formuleerde het uitgangspunt van zijn stereochemische opvattingen als volgt: ‘Meer en meer blijkt, dat de tegenwoordige constitutieformules niet in staat zijn enkele isomerie gevallen te verklaren; wellicht is dit te wijten aan het ontbreken eener meer bepaalde uitspraak omtrent de werkelijke ligging der atomen’.[5.] Neemt men namelijk aan, dat de vier affiniteiten van een koolstofatoom voorgesteld worden door vier richtingen, welke loodrecht op elkaar in een plat vlak zijn gelegen, dan kan men twee isomere vormen verwachten van methaanderivaten van het type $CH_2(R_1)_2$. Dit is echter niet het geval en daarom veronderstelde Van 't Hoff dat de affiniteiten van het koolstofatoom naar de hoekpunten van een tetraëder zijn gericht, waarvan het koolstofatoom zelf het middelpunt is. Met deze voorstelling hebben we maar één verbinding van het type $CH_2(R_1)_2$, terwijl voor een verbinding $C(HR_1R_2R_3)$, of meer algemeen $C(R_1R_2R_3R_4)$, twee modellen zijn aan te geven welke zich verhouden als niet-congruente spiegelbeelden. In het eerste gedeelte van het *Voorstel* bespreekt Van 't Hoff het ‘Verband tusschen de asymmetrische koolstof en het optisch actief vermogen’. Met een aantal voorbeelden toont hij aan dat organische verbindingen, die in oplossing het vlak van gepolariseerd licht draaien, een asymmetrisch koolstofatoom bezitten, dat wil zeggen een koolstofatoom ‘gebonden aan vier onderling verschillende univalente groepen’[6.], zoals in wijnsteenzuur, melkzuur, suikers, kamfer, enz.

Vervolgens geeft Van 't Hoff voorbeelden van het feit, dat derivaten van optisch actieve verbindingen hun optisch vermogen verliezen als het asymmetrisch koolstofatoom verdwijnt, en dat niet iedere stof met een asymmetrisch koolstofatoom het polarisatievlak draait (racematen).

De voorstelling van Van 't Hoff over een asymmetrisch koolstofatoom gaf een verklaring van het voorkomen van een groot aantal isomeriegevallen, welke met de in die tijd gebruikte structuurformules niet konden worden begrepen. Tevens gaf het het bestaan van een verband tussen optische activiteit en de aanwezigheid van een asymmetrisch koolstofatoom in het molecuul aan.

Van 't Hoff besprak ook het verband tussen het asymmetrisch koolstofatoom en het aantal isomeren. In zijn *La Chimie dans l'Espace* (1875) toonde hij aan dat het aantal mogelijke isomeren van een verbinding met N ongelijke asymmetrische koolstofatomen 2^N bedraagt en leidde hij af hoe het aantal isomeren afneemt in het geval dat een of meer asymmetrische koolstofatomen equivalent zijn.[7.] In gevallen dat een verbinding optische activiteit vertoont, maar een symmetrische formule bevat, postuleerde Van 't Hoff dat er òf een fout in de formule was òf dat er een optisch actieve onzuiverheid in de verbinding moest zitten. In 1894 gaf hij de later bevestigde opvatting dat het voorkomen van optisch actieve verbindingen in de natuur het gevolg kan zijn van de werking van circulair gepolariseerd licht in de atmosfeer op optisch actieve verbindingen.

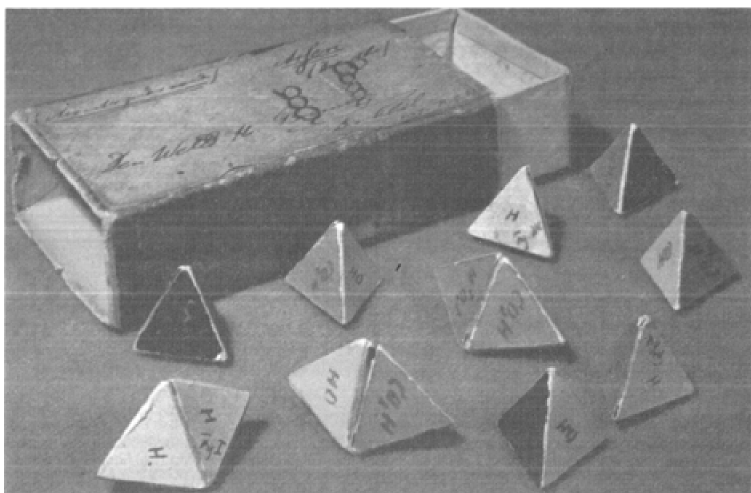
Van 't Hoffs *Voorstel* bevat echter meer dan een verklaring van de optische isomerie van organische verbindingen. In het tweede en derde gedeelte bespreekt hij de iso-

merie die optreedt bij verbindingen met twee- en drievoudige bindingen tussen de koolstofatomen en verklaart ze met zijn tetraëdermodel.

Zowel Van 't Hoff als Le Bel toonden aan dat de rangschikking van vier verschillende éénwaardige groepen aan de hoekpunten van een regelmatige tetraëder twee spiegelbeeldstructuren oplevert. Het laatste is een vereiste voor het bestaan van optische isomeren, zoals Louis Pasteur (1822-1895) al in 1860 had ingezien toen hij vond dat optische rotatie het gevolg is van asymmetrie in het molecuul zelf.[8.] Van 't Hoff ging bij zijn beschouwingen uit van de hypothese van Kekulé over de vierwaardigheid van het koolstofatoom en van de koolstof-koolstofbinding (1857), alsmede dat de richting van de valenties naar de hoekpunten van een tetrader zijn gericht. Le Bel was beïnvloed door de onderzoekingen die Pasteur sinds 1848 uitvoerde over de samenhang tussen optische rotatie en moleculaire asymmetrie. Zijn behandeling was zuiver geometrisch: Le Bel beschouwde het gehele molecuul, terwijl Van 't Hoff uitging van de afzonderlijke atomen gecombineerd met het postulaat van de tetraëder. Beide publikaties werden sceptisch en onverschillig ontvangen, maar omdat Van 't Hoff veel meer ‘verbeeldingskracht’ bezat en zijn onderwerp algemener was dan van Le Bel kreeg hij de meeste kritiek te verdragen.

Op voorstel van Buys Ballot werd het *Voorstel* nog in hetzelfde jaar in het Frans vertaald[9.], terwijl Van 't Hoff een jaar later een uitgebreidere versie publiceerde als *La Chimie dans l'Espace* (1875).[10.]. Hiervan stuurde hij exemplaren naar verschillende chemici, onder wie Johannes Wislicenus (1835-1902), hoogleraar in Würzburg. Deze had in 1873 artikelen geschreven over de drie verschillende melkzuren.[11.] Met de tweedimensionale structuurformules zijn echter maar twee isomere melkzuren mogelijk (CH_2OH-CH_2-COOH en het links- en rechtsdraaiende CH_3-CHOH-COOH). Wislicenus verdedigde daarom de opvatting dat het enig verschil tussen de twee optisch actieve melkzuren gelegen is in een verschillende rangschikking van de atomen in de ruimte. Van 't Hoff had deze publikaties bestudeerd in de Utrechtse Universiteitsbibliotheek en kwam daardoor tot zijn eigen opvattingen.[12.] Wislicenus was direct enthousiast over Van 't Hoffs theorie en vroeg in een brief van 10 november 1875 toestemming *La Chimie dans l'Espace* door een van zijn leerlingen, Felix Herrmann, in het Duits te laten vertalen. Uiteraard had onze landgenoot hier geen bezwaar tegen en in 1877 verscheen *Die Lagerung der Atome im Raume* met een lovend voorwoord van Wislicenus.[13.]

De ideeën die Van 't Hoff in zijn *Voorstel* publiceerde, trokken weinig belangstelling, ook niet na de publikatie van de Franse vertaling, noch na de uitgebreidere versie die in 1875 als *La Chimie dans l'Espace* het licht zag. De revolutionaire opvattingen van onze landgenoot trokken pas goed de aandacht in de chemische wereld na de verschijning van de *Lagerung der Atome im Raume*. Toch had Van 't Hoff genoeg ‘reclame’ gemaakt voor zijn theorie. Hij had exemplaren van *La Chimie dans l'Espace*, alsmede uit karton vervaardigde tetraëders en andere lichamen, aan een aantal bekende chemici gezonden: Adolph Baeyer in Straatsburg, Alexander Butlerow in St. Petersburg, Louis Henry in Leuven, August von Hofmann in Berlijn, August Kekulé in Bonn, Edward Frankland in Londen, Johannes Wislicenus in Würzburg, Adolphe Wurtz en Marcellin Berthelot in Parijs.[14.] (Afb. XXII) Hij kreeg waarderende brieven van Walther Spring, Wurtz en Henry, maar deze deden geen poging de theorie te bediscussiëren of te bekritiseren. Von Baeyer beoordeelde de



XXII. Tien modellen van asymmetrische moleculen, die Van 't Hoff in 1875 vervaardigde voor zijn studievriend G.J.W. Bremer, die er gebruik van maakte in zijn proefschrift, Een rechtsdraaiend appelzuur, *waarop hij op 15 oktober 1875 in Utrecht promoveerde. De modellen bevinden zich in het Museum Boerhaave te Leiden*.

theorie zeer positief, hoewel het twijfelachtig is of Van 't Hoff hier snel van op de hoogte is gekomen. Hoewel Hans Landolt in 1877 geen voorbeeld kon aanwijzen dat in strijd was met de hypothese van Van 't Hoff[15.], stonden veel chemici er sceptisch tegenover (Rudolph Fittig, Adolph Claus, Wilhelm Lossen, Friedrich Hinrichsen) of waren er zonder meer op tegen, zoals Berthelot die meende dat er optisch actieve stoffen waren zonder asymmetrisch koolstofatoom in het molecuul, zoals barnsteenzuur en styreen. De felste en meest afbrekende kritiek kwam in mei 1877 van Hermann Kolbe, die Van 't Hoff brandmerkte als een voorbeeld van een vroegere 'Naturphilosoph'.[16.] De theorie van onze landgenoot is slechts te beschouwen als 'Phantasie-Spielereien', die 'ganz und gar des thatsächlichen Bodens entbehren und dem nüchternen Forscher rein unverständlich sind': 'Ein Dr. J.H. van 't Hoff, an der Thierarzneischule zu Utrecht angestellt, findet, wie es scheint, an exakter chemischer Forschung keinen Geschmack. Er hat es bequemer erachtet, den Pegasus zu besteigen (offenbar der Thierarzneischule entlehnt) und in seiner "la chimie dans l'espace" zu verkünden, wie ihm auf dem durch kühnen Flug erklommenen chemischen Parnass die Atome im Weltenraume gelagert erschienen sind [...] Es ist bezeichnend für die heutige kritikarme und Kritik hassende Zeit, dass zwei so gut wie unbekannte Chemiker, der eine von einer Thierarzneischule, der andere von einem landwirthschaftlichen Institute [namelijk Herrmann], die höchsten Probleme der Chemie, welche wohl niemals gelöst werden, speciell die Frage nach der *räumlichen*

Lagerung der Atome, mit einer Sicherheit beurtheilen und deren Beantwortung mit einer Dreistigkeit unternehmen, welche den wirklichen Naturforscher geradezu in Staunen setzt'.

Dat men sceptisch tegenover de door Van 't Hoff ontwikkelde gedachten stond, was niet zo vreemd, omdat hij zonder meer geloofde in een atomistische structuur van de materie. Dit stond in tegenstelling tot het heersende fysische wereldbeeld, dat een atomistische structuur hoogstens als een werkhypothese, maar niet als de werkelijkheid toeliet. Kekulé ging dan ook niet verder dan de theorie een bruikbare hypothese te noemen.[17.] Hij stond, als vele vooraanstaande chemici uit zijn tijd (Lothar Meyer, August von Hofmann, enz.) sceptisch tegenover het werkelijk bestaan van atomen en moleculen. Hij gebruikte weliswaar chemisch kleinste deeltjes, maar dacht dat de vraag of ze werkelijk bestaan of niet slechts weinig betekenis heeft vanuit een chemisch gezichtspunt. De discussie daarover behoort eerder tot het gebied van de metafysica. In de chemie hebben we alleen te beslissen of de aanname van atomen een hypothese is welke een verklaring kan geven van de chemische verschijnselen.[18.] Daarbij kwam dat men de tetraëdertheorie strijdig vond met de fysische wetten. In het bijzonder het postulaat dat de vier bindingen van het koolstofatoom a priori gericht zijn naar de hoekpunten van een regelmatige tetraëder, zag men in strijd met de wetten van de toenmalige fysica. De richting van een aantrekkende kracht wordt bepaald door de plaats van het aangetrokken lichaam, terwijl de vier valentierichtingen in Van 't Hoffs tetraëder daarvan onafhankelijk zijn. Ook het feit dat er vier valenties in bepaalde richtingen van het atoom uitgaan, vond men onaanvaardbaar. Op Le Bels opvattingen daarentegen werd nauwelijks kritiek geuit. Diens abstracte geometrische beschouwingen stonden los van een atoommodel. Wat de verklaring van de optische isomerie betreft, kwam hij tot dezelfde resultaten als onze landgenoot. Omdat hij geen tetraëder als uitgangspunt nam, was hij het echter niet eens met Van 't Hoffs model voor etheenderivaten. Volgens Le Bel was het helemaal niet zeker dat hier geen optische isomerie zou optreden; hij heeft er dan ook jarenlang naar gezocht.

In ons land vond het *Voorstel* eveneens weinig belangstelling. De Groningse hoogleraar Tjaden Modderman vond de theorie te voorbarig (1874). Gustav Jacob Wilhelm Bremer (1847-1909), een Utrechts promovendus van Eduard Mulder en leraar in Assen en later in Rotterdam, voerde met Van 't Hoff een interessante briefwisseling over diens hypothese en maakte er gebruik van in zijn dissertatie over *Een rechtsdraaiend appelzuur*, waarop hij op 15 oktober 1875 in Utrecht promoveerde.[19.] Van de gevestigde natuurwetenschappers gingen alleen Gunning en Buys Ballot serieus in op Van 't Hoffs nieuwe theorie. Gunning was over het *Voorstel* bijzonder enthousiast en was er de oorzaak van dat op 23 juli 1876 Van 't Hoff zijn stereochemische opvattingen mocht uiteenzetten aan de zeer in natuurwetenschappen geïnteresseerde keizer van Brazilië, Dom Pedro II, die sinds 1871 incognito onder de naam Pedro d'Alcantara een studiereis door Europa maakte. De eerste die echt serieus inging op de inhoud van het *Voorstel* was Buys Ballot.[20.] Toen deze kennis nam van de inhoud van het *Voorstel* en van *La Chimie dans l'Espace*, reageerde hij er onmiddellijk positief op. In de aflevering van 1 oktober 1875 van het *Maandblad voor Natuurwetenschappen*, uitgegeven door de sectie voor natuurwetenschappen van het Genootschap ter Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde in Amsterdam,

verscheen een 'Openbare brief aan Dr. J.H. van 't Hoff'[21.], waarin Buys Ballot schrijft dat hij met grote belangstelling de publikaties van zijn leerling heeft bestudeerd.

Van 't Hoff nam als uitgangspunt voor zijn theorie het werkelijk bestaan van atomen en moleculen aan. Merkwaardigerwijs had een jaar eerder een andere landgenoot hetzelfde gedaan, namelijk Johannes Diderik van der Waals, die in zijn dissertatie *Over de continuïteit van den gas- en vloeistoftoestand* (1873) een uitbreiding gaf van de kinetische gastheorie, welke leidde tot het opstellen van de toestandsvergelijking waarin de onderlinge aantrekkingskracht en het eigen volume van de moleculen in rekening werden gebracht.

De sceptische houding tegenover de ideeën van Van 't Hoff duurde niet lang. Binnen luttele jaren werden zijn opvattingen aan veel voorbeelden toegelicht en uitgebreid. In 1894 kon Wislicenus dan ook schrijven: 'Die ehemalige grundsätzliche Gegnerschaft ist in der That fast ausgestorben; wo sie sich neu erhebt, wendet sie sich gegen das letzte Fundament: gegen die atomistische Anschauung selbst, leugnet aber nicht, dass die Lehre von der räumlichen Atomlagerung eine, vielleicht die letzte, Stufe konsequenter und notwendiger Entwickelung der chemischen Atomistik ist'.[22.]

Van 't Hoff zelf zei in een voordracht voor de Universiteit van Chicago op 20 juni 1901: 'By means of stereochemistry so much at least was accomplished that, the real existence of the atoms being assumed, not only was their mode of union described but also their relative position in the molecule was determined'.[23.]

Études de dynamique chimique (1884)

Toen Van 't Hoff op 1 maart 1876 voor een periode van drie jaar benoemd was tot 'assistent aan 's Rijks Veeartsenijschool' te Utrecht, begon hij met het schrijven van de *Ansichten über die organische Chemie*, waarvan het eerste deel in oktober 1877 gereed kwam. Het boek bevat een systematisch overzicht van de fysische en chemische eigenschappen van het element koolstof en van methaan en zijn derivaten met achtereenvolgens een, twee, drie en vier substituenten in het molecuul. Het is een vergeten boek, waar ook Van 't Hoff zelf niet erg enthousiast over was. Hij sprak er over in een voordracht die hij op uitnodiging van de Deutsche Chemische Gesellschaft op 8 januari 1894 in Berlijn heeft gehouden: 'Die ganze "Atomlagerung im Raum" war schliesslich nur ein Ausbau, der auf der Beziehung einer *physikalischen* Eigenschaft, der optischen Activität, zur chemischen Constitution fusste. Jung wie ich war, wollte ich dann auch die Beziehungen zwischen Constitution und *chemischen* Eigenschaften kennen lernen. Die Constitutionsformel soll ja doch schliesslich Ausdruck des ganzen chemischen Verhaltens sein. So entstanden meine "Ansichten über die organische Chemie", die Sie wohl nicht kennen. Es lohnt sich auch kaum. Nur hatten sie für mich den Werth, dass sie eine bestehende Lücke mir sehr scharf zeigten'.[24.]

Bestudering van de *Ansichten* leert dat Van 't Hoff een interpretatie wilde geven van de organische chemie vanuit een nieuw gezichtspunt. Dat nieuwe gezichtspunt was het door de Franse filosoof Comte gevoerde pleidooi de scheikunde meer 'posi-

tief' te maken door de toepassing van wiskunde en fysica op chemische problemen. Duidelijk blijkt hier Comtes invloed, wiens *Cours de philosophie positive* tot Van 't Hoffs lievelingslectuur behoorde toen hij in Delft studeerde. In het *Voorstel* had Van 't Hoff zich beperkt tot één fysische eigenschap (de optische activiteit), nu worden alle fysische eigenschappen van organische verbindingen in beschouwing genomen. Uit een analyse van de organische verbindingen hoopte Van 't Hoff de stereochemische kennis uit te breiden met de kennis van alle eigenschappen van organische verbindingen om daaruit een wiskundig-fysische theorie af te leiden van de krachten die in een verbinding aanwezig zijn. Zijn doel was dus een verband te vinden tussen de chemische formules en de corresponderende eigenschappen van de stoffen om zo de organische scheikunde te funderen op een fysisch-wiskundige basis.[25.]

In zijn Berlijnse voordracht wees Van 't Hoff erop dat, als er in organische verbindingen zuurstof voorkomt, dit een versnellende werking uitoefent op bijna alle omzettingen. Zo is oxydatie van methaan moeilijker dan van methanol. Om hier iets uit te concluderen, is een nauwkeurige kennis nodig van de reactiesnelheden 'und so gings zur Reactionsgeschwindigkeit, und es entstanden meine "*Études de dynamique chimique*"'.[26.] Sindsdien was voor Van 't Hoff de bepaling van de reactiesnelheid met direct daarnaast het chemisch evenwicht en het probleem van de chemische affiniteit hoofddoel van zijn onderzoekingen.

In Utrecht hield Van 't Hoff zich ook bezig met snelheden van chemische reacties. Op 11 april 1877 voltooide hij een artikel, waarin hij theoretisch de evenwichtsvoorwaarde afleidde voor de reactie tussen alcohol en zuur. De verkregen 'Grenzgleichung' werd met literatuurgegevens grafisch getoetst.[27.] Met dit onderzoek begon Van 't Hoff aan een onderzoekprogramma, waaraan hij zijn verdere leven zou wijden: het zoeken naar de betrekkingen tussen de fysische eigenschappen en de chemische constitutie van een stof of van een systeem van stoffen.

In 1884 verscheen in Amsterdam Van 't Hoffs *Études de dynamique chimique* waarin het verband tussen fysische en chemische eigenschappen en moleculaire constitutie wordt onderzocht. 'Les recherches d'ordre rationnel en chimie ont été caractérisées, dans ces derniers temps, par une tendence marquée à relier la formule de constitution d'un corps à ses propriétés'. Constitutieformules zijn niet slechts een symbolische uitdrukking van de samenstelling van de stof, maar 'la nature intime de la matière dont ce corps est constitué'.[28.] Het boek begint met een behandeling van het verloop van een chemische reactie. 'La marche d'une transformation chimique est caractérisée uniquement par le nombre de molécules, dont l'action mutuelle produit la transformation'.[29.] Van 't Hoff onderzocht allereerst de snelheid van een chemische reactie. Hij was hierop gekomen toen hij bij zijn stereochemische onderzoekingen bij toeval de ontleding van dibroombarnsteenzuur in broomwaterstof en broommaleïnezuur bij 100 °C waarnam. Van 't Hoff zag in dat hij hiermee de snelheid van chemische reacties kon onderzoeken. De betrokken reactie herkende hij als unimoleculair (eerste-orde reactie), waarbij de hoeveelheid die per tijdseenheid wordt omgezet, evenredig is met de totale hoeveelheid en onafhankelijk van de concentratie. Als voorbeeld van een bimoleculaire reactie (tweede-ordereactie) onderzocht hij met zijn leerling L.C. Schwab in 1883 de verzeping van het natriumzout van monochloorazijnzuur.

Van 't Hoff vond hierbij het (positieve) zouteffect van het gevormde natriumchlo-

ride en verklaarde de afwijkingen in meer geconcentreerde oplossingen als gevolg van het eigen volume van de moleculen. Op fraaie wijze bepaalde hij de orden van een aantal reacties, waarbij hij zich terdege van de storende invloeden door activiteitsfactoren, reactiemilieu en beweging van de moleculen bewust was. Uit de invloed van de temperatuur op de snelheid van bovengenoemde reacties van dibroombarnsteenzuur en van monochloorazijnzuur gaf Van 't Hoff zonder afleiding zijn bekende thermodynamische betrekking voor het verband tussen de absolute temperatuur T en de snelheidsconstante K:

$$d \ln K / dT = A / T^2 + B,$$

waarin A en B temperatuurafhankelijke factoren zijn. (A werd later activeringsenergie genoemd.) Hij maakte bij zijn beschouwingen gebruik van de voorstelling van het chemisch evenwicht als resultaat van twee tegengestelde reacties en voerde de dubbele pijl in als symbool van een dynamisch chemisch evenwicht.

In het tweede gedeelte van de *Études* behandelde Van 't Hoff het chemisch evenwicht. Weer zonder afleiding vinden we hier de formule welke het verband aangeeft tussen de reactietemperatuur T, de optredende reactiewarmte bij constant volume q en de evenwichtsconstante K:

$$d \ln K / dT = q / 2T^2$$

(In 1886 toonde hij aan dat de zogenoemde Clausius-Clapeyron-vergelijking, welke het verband aangeeft tussen de temperatuurscoëfficient van de dampspanning tot de reactiewarmte en volumeverandering, in algemene vorm uit bovenstaande vergelijking kan worden afgeleid.)

Van 't Hoff paste zijn formule toe op homogene, heterogene en op 'gecondenseerde' systemen (waarin geen enkele component een variabele concentratie heeft). Voorts formuleerde hij het bekende principe van het beweeglijke evenwicht, zij het in de beperkte zin dat het evenwicht bij temperatuurdaling zich verplaatst naar de kant van het systeem, dat gevormd wordt onder vrijkomen van warmte: 'Tout équilibre entre deux états différents de la matière (systèmes) se déplace, par un abaissement de la température, vers celui des deux systèmes dont la formation développe de la chaleur'.[30.] In 1884 formuleerde de Franse chemicus Henri Louis le Châtelier (1850-1936) het beginsel in algemene vorm inclusief de invloed van de druk.

In het laatste gedeelte van de *Études* dat over de affiniteit van de chemische verbindingen gaat, formuleert Van 't Hoff de arbeid A (= de maximale externe arbeid van het systeem) als maat van de affiniteit bij de temperatuur T als:

$$A = q (P-T) / T,$$

waarin P de absolute temperatuur is van het overgangspunt, q het warmte-effect en T de absolute temperatuur.

De *Études* bevat de grondslagen van een geheel nieuw veld van onderzoek, de chemische dynamica, de leer van de chemische bewegingsverschijnselen. Het is onder meer gebaseerd op het experimentele werk van Van 't Hoffs eerste promovendi:

Schwab en Reicher. Van 't Hoff liet hen voor hun proefschrift een thema uit zijn onderzoekprogramma bewerken: de kwantitatieve bestudering van snelheden van chemische reacties, respectievelijk het onderzoek van omzettingstemperaturen bij chemische reacties. De Amsterdammer Leonhardt Conrad Schwab (geb. 1855), van 1877-1883 assistent van Van 't Hoff en daarna chemicus bij de Actiengesellschaft Deutsche Solvay-Werke in Bernburg, toetste met succes langs experimentele weg de door Van 't Hoff afgeleide grenswet voor de reactiesnelheid van de hydrolyse van chloorazijnzuur tot glycolzuur en de verestering van azijnzuur, fumaarzuur en maleïnezuur. Op 3 maart 1883 kreeg hij de doctorsgraad op het proefschrift: *Bijdrage tot de kennis der estervorming*. Lodewijk Theodorus Reicher (1857-1943), die Schwab als Van 't Hoffs assistent opvolgde, in 1885 privaatdocent in de analytische chemie en in 1893 chemicus-botanicus en chef van het laboratorium van de gemeentelijke gezondheidszorg in Amsterdam werd, kreeg een geheel ander onderwerp te onderzoeken, namelijk de bepaling van het overgangspunt van rhombische in monokliene zwavel door het meten van de toe- of afname van het volume van zwavel bij verhitting met behulp van een dilatometer. Ook hij kreeg resultaten die goed overeenstemden met de theoretische beschouwingen van Van 't Hoff. Reicher promoveerde op 13 juli 1883 op het proefschrift: *De temperatuur der allotropische verandering van de zwavel en haar afhankelijkheid van den druk*.

Na de voltooiing van de *Études de dynamigue chimique*, ontwikkelde Van 't Hoff zijn theorie van de verdunde oplossingen. Hij besteedde er zijn zomervacantie 1884 aan, die hij met zijn vrouw en drie kinderen op een boerderij in Hilversum doorbracht. Het resultaat werd neergelegd in drie artikelen. Omdat hij meende dat de Noren Cato Maximilian Guldberg (1836-1902) en Peter Waage (1833-1900), die in 1864 de wet van de massawerking hadden geformuleerd, Zweden waren, zond hij de artikelen in augustus 1885 naar Sven Otto Petterson (1848-1941), hoogleraar in de scheikunde aan de universiteit van Stockholm, met het verzoek ze in een Zweeds tijdschrift op te laten nemen. Petterson bood de drie artikelen op 14 oktober 1885 aan de Zweedse Akademie van Wetenschappen aan, die ze het jaar erop in haar Verhandelingen publiceerde.[31.] Het eerste en een gedeelte van het derde artikel bood Van 't Hoff aan de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem aan voor opname in de *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*. Het artikel werd in november 1885 gedrukt, in december afgeleverd en verscheen in de jaargang 1886 van de *Archives*.[32.] De in deze artikelen neergelegde denkbeelden kregen vooral bekendheid door de Duitse versie ervan in Heft 9 van de eerste jaargang van het door Van 't Hoff en Wilhelm Ostwald (1853-1932) opgerichte *Zeitschrift für physikalische Chemie, Stöchiometrie und Verwandschaftslehre* van 21 oktober 1887.[33.]

Van 't Hoffs theorie van de verdunde oplossingen (1886)

In de *Études de dynamique chimique* had Van 't Hoff met succes de wetten van de thermodynamica toegepast op problemen van het chemisch evenwicht en de affiniteit. Hij stuitte daarbij op het probleem van de grootte van de aantrekking van water door zouten. De Duitse chemicus Eilhard Mitscherlich (1794-1863) had zich al in

1844 afgevraagd hoe groot de kracht is die het kristalwater in glauberzout (natriumsulfaat) vasthoudt.[34.] Als maat daarvoor nam hij de spanning van het kristalwater in een lege ruimte. Toen hij bij 9 °C glauberzout in een barometervacuüm bracht, daalde het kwik 5,45 mm door de afgifte van waterdamp. Water zelf gaf onder dezelfde omstandigheden een daling van 8,72 mm. Mitscherlich concludeerde hieruit dat de 'chemische affiniteitskracht' 8,72 - 5,45 mm = 3,27 mm kwik per 2,6 cm^2 bedroeg. Van 't Hoff vond deze waarde van 1/200 atmosfeer veel te laag omdat hij terecht meende dat de chemische krachten tussen de moleculen zeer groot zijn.[35.] Hij vroeg zich af of het niet mogelijk zou zijn voor een nog eenvoudiger geval de wateraantrekkende kracht (en daarmee de affiniteit) direct te meten, namelijk in een waterige oplossing zelf in plaats van door de binding van kristalwater.

In een gesprek met zijn collega Hugo de Vries (1848-1935), die een onderzoek deed naar de turgor van plantencellen (de osmotische druk die plantencellen hun vorm geeft en verhindert dat ze verschrompelen), maakte deze hem opmerkzaam op de kwantitatieve osmotische proeven van de plantenfysioloog Wilhelm Pfeffer (1845-1920) uit Leipzig. Pfeffer had experimenten gedaan met poreuze potten, voorzien van een semipermeabele wand welke verkregen was door kaliumijzer(II)cyanide te laten reageren met kopersulfaat. Werd de pot in water geplaatst en in de pot een suikeroplossing gedaan, dan liet de semipermeabele wand wel water door maar geen opgeloste stof.[36.] Pfeffer sloot de pot van boven hermetisch af met een stop, waardoor hij een glazen buis met een nauwe opening stak. De suikeroplossing in de pot steeg langzaam in de buis om, na een zekere hoogte te hebben bereikt, niet verder te stijgen. Er is dan evenwicht bereikt tussen de hydrostatische druk van de vloeistofkolom en de osmotische druk van de suikeroplossing, dat wil zeggen dat de kracht bekend is waarmee het water in de poreuze cel probeert binnen te dringen. Voor een 1%-ige suikeroplossing bedroeg de osmotische druk 1/3 atmosfeer.

Van 't Hoff realiseerde zich dat Mitscherlich de aantrekking van het oplosmiddel voor waterdamp en Pfeffer direct de aantrekking van het oplosmiddel had gemeten. Berekening leerde hem dat beide uitkomsten met elkaar in overeenstemming waren. Dit bracht Van 't Hoff tevens tot de overtuiging dat er een verband moet bestaan tussen de dampspanning en de osmotische druk. Door de thermodynamische eigenschappen van de affiniteit, zoals deze zich in oplossing uit, te bestuderen, wilde Van 't Hoff de osmotische druk meten om zo tot een analogie tussen gasdruk en osmotische druk te komen. De benodigde gegevens en de techniek om osmotische drukken direct en niet door middel van metingen van dampspanningen te weten te komen, haalde hij uit het boek van Pfeffer.

In zijn onderzoekingen wilde Van 't Hoff niet alleen de vraag beantwoorden hoe de affiniteit kwantitatief kan worden bepaald. Zijn doel was de wetten van de osmotische druk en een theorie van de verdunde oplossingen (dat wil zeggen hoe homogene en heterogene evenwichten zich in verdunde oplossingen gedragen) te vinden respectievelijk streng af te leiden. Van de twee mogelijke wegen om dit doel te bereiken, de toepassing van de thermodynamica of de kinetische theorie, koos hij voor de eerste.

Van 't Hoff zag in dat de toepassing van de thermodynamica op reversibele omzettingen bij gassen met behulp van half doorlaatbare wanden ook te gebruiken is voor de behandeling van verdunde oplossingen. Zijn eerste resultaat was dat bij

constante temperatuur de osmotische druk die een verdunde oplossing uitoefent binnen een vat met een semipermeabele wand, evenredig is met de concentratie van de opgeloste stof, analoog dus met de wet van Boyle voor gassen. De oorzaak van de osmotische druk zag Van 't Hoff in een aantrekking tussen de deeltjes van de opgeloste stof en die van het oplosmiddel. Bij voldoende verdunning oefent ieder opgelost deeltje, onafhankelijk van de andere deeltjes, op het oplosmiddel dezelfde aantrekking uit. De totale aantrekking, welke men door de osmotische druk meet, is dus evenredig aan het aantal deeltjes in een volume-eenheid, dat wil zeggen evenredig aan de concentratie van de oplossing. Later merkte Van 't Hoff op: ‘Diese Beweisführung ist durch eine kinetische zu ersetzen’[37.] en in zijn *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie* uit 1903 was hij nog duidelijker: ‘Es liegt also nahe, die Ursache des osmotischen Druckes in kinetischen Gründen und nicht in Anziehungen zu suchen’.[38.]

De door Van 't Hoff gevonden wetmatigheid werd bevestigd door de meetresultaten van Pfeffer die voor suikeroplossingen van verschillende concentraties (1-6%) tussen 13,5 en 16,1 °C had gevonden dat de verhouding van de osmotische druk tot de concentratie tussen 508 en 554 lag.[39.] Van 't Hoff vond dit voldoende constant om zijn theorie te bevestigen. Hiermee had hij de overeenstemming tussen osmotische druk en gasdruk aangetoond, de eerste analogie tussen oplossingen en gassen. Op het eerste gezicht was het niet zo vreemd dat als één molecuul suiker in een bepaald volume oplossing een bepaalde osmotische druk uitoefent, twee moleculen onder dezelfde omstandigheden een tweemaal zo grote druk uitoefenen. Van 't Hoff ging echter verder: er is volgens hem een werkelijke analogie tussen de gevonden relatie en de gaswet van Boyle. Steun vond hij in de door Hugo de Vries in 1884 gevonden waarden van de osmotische druk bij isotonische oplossingen (oplossingen van verschillende samenstelling die dezelfde osmotische druk uitoefenen).[40.] De Vries vond hierbij dat voor isotonische oplossingen de osmotische druk van verschillende plantencellen met verschillende turgor met elkaar evenredig zijn. Van 't Hoff concludeerde hieruit dat de arbeid die de osmotische druk P bij constante temperatuur per eenheid van volume kan uitoefenen, aan de algemene uitdrukking $P \ln c_1/c_2$ (c_1 en c_2 zijn de concentraties) moet voldoen.

Het analogon van de gaswet van Gay-Lussac voor verdunde oplossingen leidde Van 't Hoff theoretisch af met behulp van een reversibel kringproces, waarin warmte-overdracht plaatsvindt via isotherme en adiabatische uitzetting en samenpersing. Verondersteld werd dat de oplossing zo verdund is dat de wederzijdse invloed van de opgeloste deeltjes, en dus de inwendige arbeid, te verwaarlozen is. Van 't Hoff vond dat bij constante concentratie de osmotische druk van verdunde oplossingen evenredig is aan de absolute temperatuur. Als verificatie gebruikte hij geen eigen experimenten, maar weer de metingen van Pfeffer, alsmede een verschijnsel dat de fysicus Charles Soret (1854-1904) had waargenomen: bij verwarmen van het bovenste deel van een kolom van een homogene oplossing neemt de concentratie van de bovenste laag af en van de onderste laag toe.[41.] Voorts vond Van 't Hoff een bevredigende overeenkomst met resultaten die verkregen waren uit fysiologische proeven: verschillende oplossingen die met plantencellen bij 0 °C (De Vries) of met bloedcellen bij 34 °C (Franciscus Cornelis Donders (1818-1889) en diens assistent Hartog Jacob Hamburger (1859-1924))[42.] isotonisch waren gemaakt, bleken evenredige con-

centraties te hebben. De temperatuurscoëfficiënt van de osmotische druk is onafhankelijk van de natuur van de opgeloste stof, net als de drukcoëfficiënt bij gassen.

Van 't Hoff vatte vervolgens beide wetten samen: voor de osmotische druk geldt PV = RT, het analogon van de algemene gaswet: 'Expression des lois de Boyle et de Gay-Lussac combinées, pour les solutions diluées [...] L'expresion connue, qui s'applique aux gaz: PV = RT dans laquelle P est la pression, V le volume, T la température absolue, et R une grandeur dépendant de la nature et de la quantité du gaz dont il s'agit, s'applique dès à-présent aux solutions diluées, considérées dans les circonstances décrites. En effet, l'équation citée n'est autre chose qu'une expresion algébrique des lois de Boyle et de Gay-Lussac combinées'.[43.]

De constante R, die bij gassen onafhankelijk is van de chemische natuur wanneer men moleculaire hoeveelheden vergelijkt, bleek dat niet te zijn voor verdunde oplossingen. Hierbij werden de osmotische druk en de daarmee in verband staande grootheden abnormaal groot. Daarom voerde Van 't Hoff een coëfficiënt i in, die volgens hem niet veel afwijkt van de waarde 1:

'S'il s'agit d'une solution au lieu d'un gaz on peut mettre à profit les mêmes simplifications en évaluant la pression osmotique d'un système de corps dissous. Seulement on aura pour la quantité moléculaire une valeur d'R différente en général selon le cas considéré, mais se rapprochant toutefois, comme il sera exposé plus loin, de la valeur de d'R pour les gaz et souvent égale à celle; c'est pour celà que nous nous servirons dans ce cas-ci de l'expression:

$$PV = i.RT$$

R étant la grandeur, introduite tantôt (845,05), i une valeur peu différente de l'unité et dépendant du cas que l'on considère. Il est clair maintenant que la pression osmotique d'un corps à l'unité de concentration revient à i RT et que celle d'un système de corps dissous, comme le représente la formule chimique citée plus haut, s'exprime par $RT\Sigma ai$ [a stelt het aantal moleculen voor]. On voit que cette expression revient à celle obtenue pour un système gazeux en y substituant i = 1. Il y a donc parallélisme complet'.[44.]

Van 't Hoffs volgende stap was de vergelijking PV = iRT voor de osmotische druk toe te passen op het probleem van het chemisch evenwicht door gebruik te maken van omkeerbare kringprocessen met behulp van een semipermeabele wand. Voor constante temperatuur vond hij de wet van de massawerking; voor veranderlijke temperatuur de in de *Études* gegeven vergelijking

$$d\ lnK / dT = q / 2T^2.$$

In beide gevallen bevatte de evenwichtsconstante K de factor i.

Van 't Hoff had geen idee wat de betekenis was van de factor i, die de verhouding voorstelde tussen de osmotische druk die de stof werkelijk uitoefent, en de osmotische druk die zij uitoefent bij normaal gedrag van de moleculen. Deze factor fungeerde in feite als een ad hoc correctieterm. Om de grootte ervan te weten te komen, gebruikte Van 't Hoff vier verschillende methoden die later een geheel andere toepassing zouden vinden, namelijk voor de meting van het molecuulgewicht van een

stof. De eerste methode was de toepassing van de gaswet van de Engelse chemicus William Henry (1774-1836) uit 1803: de concentratie van een gas in een oplossing is evenredig met de druk van het gas. Van 't Hoff vond dat i = 1 voor gassen, maar niet voor oplossingen. De tweede methode om i te bepalen maakte gebruik van de dampspanningsverlaging: als het molecuulgewicht van de opgeloste stof m en de dampspanningsverlaging in waterige oplossing δ bedraagt, geldt:

$$i = 5{,}6\ m\ \delta.$$

De derde methode maakte gebruik van de osmotische druk (de waarde van i is gelijk aan de helft van de isotonische coëfficiënt) en de vierde van de vriespuntsdaling: de waarde van i is gelijk aan de moleculaire vriespuntsdaling gedeeld door 18,5. De vier methoden bleken overeenstemmende resultaten op te leveren, maar gaven uiteraard geen antwoord op het mysterieuze karakter van de coëfficiënt i.

In het tweede 'Zweedse' artikel[45.] gaf Van 't Hoff het analogon van de wet van Avogadro voor verdunde oplossingen: 'La pression exercée par les gaz à une température déterminée, si un même nombre de molécules en occupe un volume donné, est égale à la pression osmotique qu'exerce dans les mêmes circonstances la grande majorité des corps, dissous dans les liquides quelconques'.[46.]

In het eerste artikel had Van 't Hoff aangetoond dat de osmotische druk evenredig is aan de gasdruk. Nu wilde hij nagaan wat het verband is tussen de werkelijke osmotische druk en de werkelijke gasdruk als vloeistof en gas dezelfde concentratie hebben, dat wil zeggen dat een bepaald volume evenveel moleculen bevat (dus de wet van Avogadro).

Met behulp van een met semipermeabele wanden uitgevoerd kringproces bij constante temperatuur toonde hij aan dat de druk, die gassen bij een bepaalde temperatuur uitoefenen, wanneer een bepaald volume evenveel moleculen bevat, gelijk is aan de osmotische druk die stoffen uitoefenen als ze in oplossing zijn. Deze druk bedraagt 22,4 atmosfeer als bij 0 °C de moleculaire hoeveelheid uitgedrukt is in gram per liter. Dit geldt voor stoffen die aan de wet van Henry gehoorzamen en die de normale vriespuntsdaling vertonen. Voor een moleculaire vriespuntsdaling t en een vriespunt T van het oplosmiddel en een latente smeltwarmte van W kcal/kg, leidde Van 't Hoff de betrekking af:

$$t = 0{,}01976\ T^2 / W.$$

Deze vergelijking gaf de mogelijkheid om de moleculaire vriespuntsdaling van een stof te berekenen.

Het derde 'Zweedse' artikel[47.] bevat de fundamentele betrekking tussen de constante K van een chemisch evenwicht en de elektromotorische kracht E (dat wil zeggen de vrije energie) van een chemisch proces:

$$\ln K = - E / 2T.$$

Belangrijk is dat Van 't Hoff nadrukkelijk wees op het grenskarakter van zijn wetten: 'Seulement, la même réserve nécessaire dans l'application en cas de corps ga-

zeux convient encore ici, et l'analogie qu'offrent ces deux états de la matière est telle que l'origine de la restriction est absolument la même dans les deux cas. Aussitôt que la concentration, soit dans les gaz soit dans les corps dissous, est telle que l'action mutuelle des particules n'est plus négligeable, on sait que dans le premier cas des déviations se font sentir, et de même le raisonnement sur lequel se basent, pour la solution, les lois déduites, ne peut plus être accepté dans ces circonstances'.[48.]

Verdunde oplossingen moeten 'ideale' oplossingen zijn, dat wil zeggen dat de verdunning zo groot is dat de oplossingen zich gedragen als ideale gassen waarin zowel de wederzijdse werking van de opgeloste moleculen als de ruimte die de moleculen innemen, verwaarloosd kan worden vergeleken met het volume van de oplossing. Maar tal van Van 't Hoffs aanhangers pasten diens theorie ook toe op meer geconcentreerde oplossingen en zelfs op oplossingen van sterke elektrolyten, hetgeen uiteraard tot geheel foutieve uitkomsten leidde. Vooral Van 't Hoffs leerling Johannes Jacobus van Laar (1860-1938) verzette zich fel tegen deze 'Ausschweifungen der verdünnten Schule'.[49.] De oorzaak van deze algemene toepassing van Van 't Hoffs theorie van de osmotische druk is vooral te zoeken in de meest bekende versie van de theorie in het *Zeitschrift für physikalische Chemie*, waarin het grenskarakter van de gevonden wetten slechts terloops wordt genoemd.[50.] Opvallend is dat in dit artikel veel groter gewicht wordt toegekend aan het feit dat de grootheid R voor gassen en oplossingen in wezen overeenstemt. Van 't Hoff legt nu grote nadruk op de wet van Avogadro voor verdunde oplossingen. De bevestiging volgt weer uit de meetresultaten van Pfeffer over de osmotische druk van éénprocentige suikeroplossingen en vooral uit de nieuwste gepubliceerde metingen van de vriespuntdaling en dampdrukverlaging van oplossingen door de Franse chemicus François Marie Raoult (1830-1901) uit Grenoble.[51.] De factor is weer nodig om de afwijkingen van de wet van Avogadro te corrigeren.

De theorie van de elektrolytische dissociatie (1887)

In 1884 had de Zweedse chemicus Svante Arrhenius (1859-1927) uit geleidbaarheidsmetingen de conclusie getrokken dat van de moleculen van een in water opgelost zuur (en algemeen van in water opgeloste elektrolyten) slechts een deel de elektrische stroom geleidt.[52.] Bij toenemende verdunning bleek dat gedeelte steeds toe te nemen om uiteindelijk de 100 procent te naderen. Blijkbaar komen elektrolyten in oplossing in twee vormen voor, een actieve en een niet-actieve. Onder dezelfde omstandigheden van temperatuur en concentratie is het actieve deel altijd een bepaalde fractie van de totale hoeveelheid elektrolyt. Arrhenius concludeerde dus dat elektrolyten, opgelost in water, voor een bepaald gedeelte gedissocieerd zijn in elektrisch tegengestelde positieve en negatieve delen.

Arrhenius was een van de weinige chemici die Van 't Hoffs *Études de dynamique chimique* met instemming had gelezen. Op 4 augustus 1885 schreef Van 't Hoff hem een lange brief met de resultaten van zijn nieuwste onderzoekingen, die hij in een drietal artikelen aan Pettersson had gezonden met het verzoek ze in een Zweeds tijdschrift te laten opnemen.[53.] Arrhenius kreeg pas in de tweede helft van februari 1887 deze artikelen onder ogen. Op 30 maart schreef hij Van 't Hoff vanuit Würzburg een

brief waarin hij een verklaring gaf van de door Van 't Hoff gevonden afwijkingen van zijn wetten met de gaswetten. Van 't Hoff had gevonden dat de moleculaire vriespuntsdaling van rietsuiker (18,5) aan de wet van Avogadro voldoet, zodat daarvoor geldt dat i = 1. Voor andere stoffen bleek i gelijk te zijn aan de moleculaire vriespuntsdaling gedeeld door 18,5. Voor HCl bedroeg i 1,98; voor Na_2SO_4 1,91; voor K_2CO_3 2,26; enz., zoals uit de waarnemingen van Raoult volgde. Arrhenius veronderstelde nu dat i gelijk is aan de verhouding tussen de werkelijk aanwezige, zich vrij bewegende deeltjes en het aantal moleculen dat er zou geweest zijn, wanneer geen dissociatie was opgetreden: 'Da jetzt nach voriger Annahme die Elektrolyte in ihre Ionen zerfallen, so muß der Koeffizient i zwischen 1 und der Anzahl der Ionen liegen'[54.] Voor NaCl, KNO_3, NaOH, enz., die twee ionen hebben, is i vrijwel gelijk aan twee; voor $Ba(OH)_2$, $CaCl_2$, K_2SO_4, enz., die drie ionen bezitten, is i gelijk aan drie, enz.

Een week later, op 7 april 1887, antwoordde Van 't Hoff.[55.] Hij ging geheel accoord met de opvattingen van zijn Zweedse collega: 'Was Ihre diesbezügliche Bemerkung betrifft, daß die Zahl der Ionen mit dem Werte von i etwa gleichen Tritt hält, und daß auch die Leitfähigkeit mit i wächst, dies erhellt aus den meisten mir bekannten Fällen'. In de Duitse versie van zijn theorie van de osmotische druk kon Van 't Hoff dan ook opmerken: 'Demnach erscheint es gewagt, ein Avogadroschen Gesetz für Lösungen derart in den Vordergund zu stellen, wie hier geschah, und ich würde mich dazu auch nicht entschlossen haben, hätte nicht Arrhenius mich brieflich auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen, dass es sich bei Salzen und dergleichen um eine Spaltung in Jonen handelt [...]'.[56.]

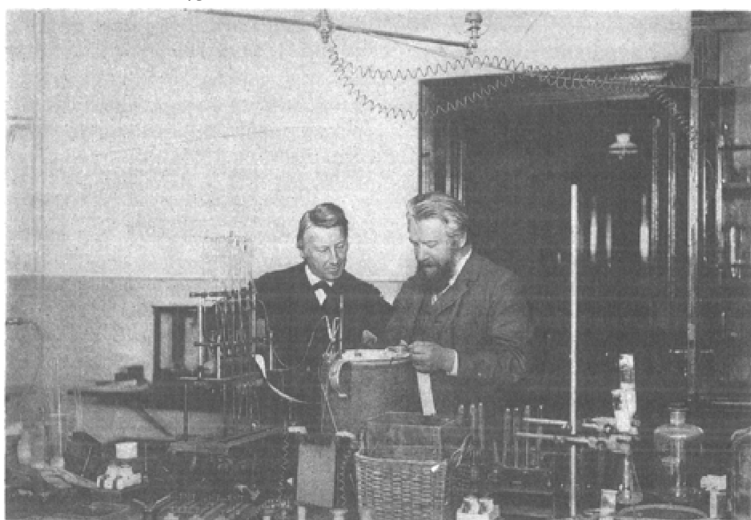
In hetzelfde jaar publiceerde Arrhenius zijn theorie van de elektrolytische dissociatie.[57.] Hij berekende de elektrolytische dissociatiegraad uit de verhouding van de werkelijke moleculaire geleidbaarheid van de oplossing en de grenswaarde waartoe de moleculaire geleidbaarheid van dezelfde oplossing nadert bij toenemende verdunning. Voor het verband tussen Van 't Hoffs grootheid i en de ionisatiegraad of activiteitscofficiënt α leidde Arrhenius de betrekking af:

$$i = 1 + (k-1)\alpha,$$

waarin k het aantal ionen voorstelt waarin het elektrolytmolecuul uiteenvalt. De i-waarden uit Raoults vriespuntsgegevens werden vergeleken met de waarden uit het moleculair geleidingsvermogen van 12 niet-geleiders, 15 basen, 23 zuren en 40 zouten. Arrhenius vond tussen beide methoden een goede overeenstemming met de i-waarden. Zijn conclusie was dat Van 't Hoffs wet geldig is voor alle stoffen, inclusief elektrolyten in waterige oplossing. Hiermee was de theorie van de elektrolytische dissociatie gekoppeld aan Van 't Hoffs theorie van de osmotische druk en de definitieve formulering van de theorie van de verdunde oplossingen verkregen.[58.] Het fundamentele probleem in Van 't Hoffs theorie was de coëfficiënt i; het fundamentele probleem in Arrhenius' theorie het onderscheid dat gemaakt was tussen actieve en niet-actieve moleculen van de elektrolyten. De oplossing van beide problemen vond gelijktijdig plaats. De verklaring van de actieve en niet-actieve moleculen was tegelijkertijd de verklaring voor het wezen van de coëfficiënt i.

Maar de beide, elkaar aanvullende theorieën stonden diametraal tegenover de

toen heersende chemische opvattingen. Chemici keken in die tijd naar atomen en moleculen als de werkzame bestanddelen in chemische reacties. De theorie van de elektrolytische dissociatie maakte echter gebruik van ionen, van geladen deeltjes, en was daardoor, net als de theorie van de osmotische druk, schijnbaar met het chemische gevoel en de chemische ervaring in tegenspraak: een stabiel zout als keukenzout zou bij oplossen in water uiteenvallen in geladen natrium- en chloordeeltjes en het niet-vluchtige rietsuiker gedraagt zich in water precies zo alsof het een gas is en een druk van vele atmosferen kan uitoefenen. Toch hadden beide theorieën spoedig groot succes, vooral dankzij de invloed van Wilhelm Ostwalds *Grundriss der allgemeinen Chemie* (1889). Maar problemen gaven spoedig de afwijkingen die men bij niet-verdunde oplossingen en bij sterke elektrolyten waarnam. Verschillende chemici probeerden deze afwijkingen te verklaren door complicaties aan te nemen of door te veronderstellen dat er in deze oplossingen hydraten of complexen werden gevormd. In september 1890 organiseerde daarom de British Association for the Advancement of Science in Leeds een congres ‘on the theory of solution and its connection with osmotic pressure’, waar ook Van 't Hoff en Ostwald aanwezig waren.[59.] (Afb. XXIII) In navolging van dit congres hield ook de sectie voor natuur- en scheikunde van het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres in Groningen een bijeenkomst over de theorie van de elektrolytische dissociatie. Een drietal leraren, de chemicus Jacob Wijbrand Doyer (1852-1917), de fysicus Henri Ekama (geb.



XXIII. Van 't Hoff en Wilhelm Ostwald op het laboratorium van de laatste in Leipzig (1900).

1858) en de wiskundige Pieter Molenbroek (geb. 1861) kregen op 4 april 1891 van het bestuur van de sectie opdracht een rapport samen te stellen dat op de bijeenkomst in Groningen op 7 en 8 april 1893 zou worden besproken. Het rapport bevat een uitstekend, kritisch overzicht van de 'nieuwe theorie der oplossingen', waarin met name de problemen die de sterke elektrolyten gaven, aan de orde werden gesteld.[60.]

In tegenstelling tot de vergadering in Leeds, was de commissie zeer lovend over de theorie 'die het gedrag van verdunde oplossingen op zulk een eenvoudige wijze beschrijft en die bovendien, in den korten duur van haar bestaan, reeds zoo vruchtbaar is gebleken, dat geene andere theorie op dit gebied in rijkdom van resultaten en eenvoudigheid van voorstelling met haar kan wedijveren'.[61.]

In de discussie bracht Van 't Hoff 'hulde [...] aan de samenstellers voor de wijze, waarop zij zich van de hun opgedragen taak hebben gekweten'.[62.] De Utrechtse natuurkundehoogleraar Viktor August Julius (1851-1902) vond als groot bezwaar van de nieuwe theorie dat er bij het oplossen van een elektrolyt in water soms warmte vrijkomt, soms warmte geabsorbeerd wordt en soms géén warmteverschijnselen optreden.[63.] De theorie veronderstelt ionenvorming en daarbij ook dikwijls binding van water. Door de binding van water zou het arbeidsvermogen geleverd worden dat nodig is voor de vorming van ionen. Julius vond het niet acceptabel aan te nemen dat water zich met sommige moleculen verbindt en andere moleculen van dezelfde elektrolyt in ionen doet uiteenvallen. Bovendien verwachtte hij dat er een invloed moet zijn van de positieve ionen op de negatieve en omgekeerd. Molenbroek gaf toe dat de vraag over het arbeidsvermogen dat nodig is voor de ionenvorming nog open is. Sommigen meenden dat de ionen hun elektrische lading pas krijgen bij hun vorming, anderen dat de elektrische ladingen reeds in het molecuul aanwezig zijn. Dat watermoleculen gelijktijdig zoutmoleculen zouden binden en anderen in ionen splitsen, vond Molenbroek geen bezwaar omdat er zoveel watermoleculen op één zoutmolecuul werken. Het krachtenspel is daardoor zo gecompliceerd dat men niet kan beslissen welke werking van de watermoleculen de overhand heeft. Van 't Hoff gaf toe dat hier moeilijkheden zijn, maar toonde aan dat er tussen ionen en water een zeer krachtige aantrekking moet bestaan. Komen nu twee ongelijke ionen dicht bij elkaar, dan zullen de aantrekkende werkingen gezamenlijk de ionen uit elkaar trekken. Julius wilde deze problemen ontlopen door aan te nemen dat de dissociatie alleen in de grenslaag optreedt, maar Doyer en Van 't Hoff waren het hier niet mee eens omdat er dan geen verklaring is te geven van de verschijnselen binnen de vloeistof. De discussie laat duidelijk zien dat het probleem van het verklaringsmechanisme van de elektrolytische dissociatie nog verre van opgelost was.

'Wie die Theorie der Lösungen entstand'

Op 8 januari 1894 hield Van 't Hoff op uitnodiging van de Deutsche Chemische Gesellschaft in Berlijn een voordracht: 'Wie die Theorie der Lösungen entstand'.[64.] Hierin vertelde hij dat hij door De Vries op Pfeffers osmotische onderzoekingen opmerkzaam was gemaakt en dat dat hem op het idee had gebracht het begrip halfdoorlaatbare wand te gebruiken voor de afleiding van de wetten voor verdunde oplossingen. 'Da fiel mir auf, dass mit der halbdurchlässigen Wand sämmtliche re-

versible Umwandlungen, die bei Gasen die Anwendung der Thermodynamik so wesentlich erleichtern, ebenfalls durchführbar sind für Lösungen [...]'.[65.]

Door gebruik te maken van reversibele kringprocessen had hij vergelijkingen kunnen afleiden die formeel gelijk waren aan de gaswetten. Ook de grootheid R bleek overeen te komen met de gasconstante. Dit leek toeval, maar was te verifiëren met de wetten die Raoult gevonden had voor de verandering van het vriespunt, het kookpunt en de dampspanning door opgeloste stoffen. Fysisch betekende deze overeenkomst: 'Gleichheit der beiden R-Werte für Gas und Lösung heisst nichts anderes, als dass der Zucker einen osmotischen Druck ausübt, demjenigen Druck gleich, welchen er bei derselben Concentration und Temperatur in gasförmigen Zustande ausüben würde'.[66.]

Van 't Hoff kon nog een stap verder gaan. De theorie gaf een bepaalde betrekking tussen de smeltwarmte van het oplosmiddel en de verlaging van het vriespunt door opgeloste stoffen. Raoult had vriespuntsdalingen bepaald in etheendibromide als oplosmiddel, waarvan de smeltwarmte onbekend was. Van 't Hoff berekende voor de smeltwarmte een waarde van 13,2 kcal/kg en vroeg Pettersson deze experimenteel te bepalen. Deze vond calorimetrisch waarden van 12,0 tot 13,1, in overeenstemming dus met de door Van 't Hoff berekende.[67.]

Toch moest Van 't Hoff toegeven dat zijn theorie van de oplossingen problemen opriep, tenzij men zich steeds realiseerde dat ze alleen voor ideale gevallen geldt. Merkwaardig is wel dat hij, na de bespreking van de theorie van Arrhenius, zich afvroeg: 'Ob nun diese Annahme von elektrolytischer Dissociation der Wirklichkeit entspricht?'.[68.] Twijfelde Van 't Hoff aan het werkelijk dissociëren van elektrolyten in oplossing? In 1890 noemde hij de theorie van de elektrolytische dissociatie een theorie 'die fast zur Tatsache ward'.[69.] Als belangrijk desideratum had hij in 1891 gesteld 'te onderzoeken waarom water alléén die eigenaardige splitsing in ionen in 't leven roept'.[70.] In zijn Berlijnse voordracht besprak Van 't Hoff het dissertatie-onderzoek van zijn leerling Jacob Jan Alexander Wijs (1864-1942), waaruit de waarde van de dissociatiegraad van water was gevolgd.[71.] Ostwald en Walther Nernst (1864-1941) twijfelden nog in 1889 aan de elektrolytische dissociatie van water, maar Arrhenius stelde het jaar erop dat water gedissocieerd is.[72.] Het doel van het onderzoek van Wijs was aan te tonen dat water elektrolytisch is gedissocieerd, en om uit de verzepingssnelheid van een ester met zuiver water de grootte van de dissociatie te bepalen. Hij maakte daarvoor gebruik van het evenwicht tussen methylacetaat en water tot methylalcohol en azijnzuur, waarvan de reactiesnelheid evenredig is met het aantal hydroxylionen in de oplossing. Als waarde voor de dissociatieconstante van water bij 25 ^{o}C vond hij $0,14.10^{-13}$. Deze door Wijs gevonden waarde kwam goed overeen met de toen juist door Ostwald, Arrhenius, John Shields en Georg Bredig langs geheel andere wegen gevonden getallen. Na dit resultaat te hebben vermeld, eindigde Van 't Hoff zijn voordracht met de intrigrerende vraag: 'Ist damit nun die Theorie der elektrolytischen Dissociation erwiesen? Wohl keineswegs. Sie had jedoch auf dem Gebiet der Verseifung ganz unerwartet viel geleistet'.[73.] Had Van 't Hoff toen nog twijfels aan het werkelijkheidgehalte van de theorie van de elektrolytische dissociatie of wilde hij geen risico lopen te worden geconfronteerd met zijn tegenstanders? Een definitief antwoord op deze vraag is niet te geven. In zijn latere geschriften komt dit probleem nergens meer ter sprake.

De theorie van de vaste oplossingen (1890)[74.]

Van 't Hoffs theorie van de verdunde oplossing gaf onder andere de mogelijkheid moleculairgewichten van opgeloste stoffen te bepalen. Met behulp van een omkeerbaar kringproces had hij daarvoor een eenvoudige betrekking afgeleid, die goed bleek te kloppen met de vriespuntsdalingen die experimenteel waren gevonden door Raoult. Toch werden er al snel verschillende afwijkingen gevonden. De meeste daarvan bleken met de theorie van de elektrolytische dissociatie te kunnnen worden verklaard, maar er bleven gevallen waarbij dat niet lukte. Zo had de latere Groningse hoogleraar Johan Frederik Eykman, die in 1887 als privé-geleerde op Van 't Hoffs laboratorium had gewerkt en daarna op een eigen laboratorium, in samenwerking met Van 't Hoff, onderzoekingen had verricht, in 1889 gevonden dat m-kresol in fenol een te lage moleculaire vriespuntsdaling gaf, namelijk 48 ^{o}C in plaats van 72 ^{o}C. In hetzelfde jaar had de Italiaanse chemicus Emanuele Paternò (1847-1935) gevonden dat thiofeen in benzeen een moleculaire vriespuntsdaling had van 34 ^{o}C in plaats van 53 ^{o}C. Deze en andere gevallen liet Van 't Hoff, zoals hij gewoon was, direct door een van zijn studenten onderzoeken. Het onderzoek werd door Albertus van Bijlert in de winter van 1889 op 1890 uitgevoerd en in de daaropvolgende winter herhaald en uitgebreid. Op 6 mei 1891 promoveerde hij bij Van 't Hoff op het proefschrift: *Eenige waarnemingen op kryoskopisch gebied*. In april 1890 had Van 't Hoff het probleem theoretisch behandeld in een artikel: 'Über feste Lösungen und Molekulargewichtsbestimmung an festen Körpern'.[75.]

Van 't Hoff wilde de gevonden experimentele afwijkingen van de moleculaire vriespuntsdalingen in niet-waterige oplossing met de berekende waarde uit zijn formule niet verklaren uit mogelijke onjuistheden in zijn theoretische beschouwingen over de osmotische druk. Hij veronderstelde dat in dergelijke gevallen een 'vaste oplossing', dat wil zeggen homogene mengkristallen van het oplosmiddel met de opgeloste stof, wordt afgescheiden en niet het zuivere oplosmiddel. Een dergelijk homogeen kristallijn mengsel beschouwde Van 't Hoff als een vaste oplossing, 'ein fester, homogener Komplex von mehreren Körpern, deren Verhältnis unter Beibehaltung der Homogenität wechseln kann'.[76.]

Van 't Hoff beschouwde de verkregen mengkristallen als verdunde vaste oplossingen die in hun gedrag een grote overeenkomst vertonen met gewone vloeibare oplossingen en daardoor aan de wetten moeten gehoorzamen die daarvoor gelden. Door een 'vaste' oplossing als een 'vloeibare' te beschouwen, kon Van 't Hoff zijn opvattingen over de analogie tussen gassen en verdunde oplossingen gebruiken. Vloeistoffen zijn geheel, gedeeltelijk of niet mengbaar met elkaar. Hetzelfde geldt voor vaste stoffen. Volledige mengbaarheid van vaste stoffen komt voor bij mengkristallen als aluinen. Gedeeltelijke mengbaarheid treffen we aan bij zouten als berylliumsulfaat en berylliumselenaat. Er bestaan dus vaste oplossingen die volgens Van 't Hoff net als vloeibare oplossingen diffusie moeten vertonen, waarvan hij verschillende voorbeelden kon geven. Bij verhitting van porselein met grafiet wordt na een bepaalde tijd koolstof opgenomen. Bij de cementstaalbereiding vindt diffusie van koolstof in het ijzer plaats. De Luikse scheikundehoogleraar Walther Spring (1848-1911), die in 1887 bij Van 't Hoff had gewerkt, had diffusie aangetoond bij het samenpersen van equimoleculaire hoeveelheden bariumsulfaat en natriumcarbonaat en van barium-

carbonaat en natriumsulfaat (1885-1886). Als oorzaak van deze diffusie veronderstelde Van 't Hoff de osmotische druk die weliswaar door de zeer langzame snelheid van de diffusie praktisch niet direct is te bepalen, maar wel theoretisch is te gebruiken. Hij verwachtte dan ook dat vaste oplossingen dampspanningsverlaging en vriespuntsdaling moesten vertonen. Met deze aangenomen analogie tussen vaste en vloeibare oplossingen was tevens een mogelijkheid gegeven moleculairgewichten van vaste stoffen te bepalen.

Van 't Hoffs theoretische beschouwingen waren gebaseerd op literatuurgegevens en niet op eigen onderzoek. Van Bijlert kreeg de opdracht na te gaan of er uit een oplossing inderdaad iets van de opgeloste stof mee uitvriest, en zo ja, hoeveel. Hij onderzocht daartoe de systemen thiofeen in benzeen en m-kresol in fenol (beide met een vriespuntsdaling) en antimoon in tin en β-naftol in naftaleen (met een vriespuntsverhoging). In al deze gevallen kristalliseerde de opgeloste stof mee uit bij afkoeling.

Met zijn theoretisch artikel uit 1890 en het experimentele werk van Van Bijlert nam Van 't Hoff kennelijk genoegen. Hij deed geen verder onderzoek meer op het gebied van de vaste oplossingen en behandelde ze ongewijzigd in zijn *Ueber die Theorie der Lösungen* (1900) en in zijn *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie* (1899-1900). Hij liet het aan anderen over dit thema verder te bestuderen: de Italiaanse chemicus Giuseppe Bruni (1873-1946) en zijn opvolger in Amsterdam, Bakhuis Roozeboom, die de vaste oplossingen als onderdeel van de fasenleer bestudeerde.

Van 't Hoffs onderzoeksschool in Amsterdam (1877-1895)[77.]

Gedurende zijn Amsterdamse hoogleraarschap (tot 1896) concentreerde Van 't Hoff zich met zijn medewerkers en promovendi vooral op twee onderzoeksthema's: de kwantitatieve bepaling van reactiesnelheden en de omzettingstemperaturen bij chemische reacties. In zijn twintig Amsterdamse jaren koos een veertigtal studenten hem als hun leermeester en werkten er tal van buitenlanders op zijn laboratorium. Het aantal studenten dat onder zijn leiding een proefschrift bewerkte bedroeg twintig. Uit het hierna volgende overzicht (Tabel III) krijgt men een indruk van de onderwerpen die door Van 't Hoffs promovendi zijn bewerkt.

Behalve studenten en promovendi werkten op Van 't Hoffs laboratorium tijdelijk verschillende chemici, zowel Nederlanders als buitenlanders. Onder de eersten behoorden de latere hoogleraren Nicolaas Schoorl (1872-1942), Johan Frederik Eykman en Arnold Frederik Holleman. Onder de buitenlanders treffen we Svante Arrhenius (eind januari-mei 1888) en Wilhelm Meyerhoffer (1888-1892) aan.

Van 't Hoff had nooit de beschikking over grote laboratoria en hij was nooit omgeven door grote aantallen studenten. De meesten van hen maakten carrière als hoogleraar (8), lector (2) of leraar aan een middelbare school (16). Een tiental werd praktizerend chemicus en een was apotheker. Toen Van 't Hoff naar Berlijn ging, waren alleen zijn vroegere leerlingen Van Laar en Cohen veelbelovende kandidaten voor de opvolging, maar ze hadden toen nog niet de bekwaamheid van hun leer-

Tabel III
Van 't Hoffs Amsterdamse promovendi

1878	*J. Romeny* (1851-1940), Over het methyleenmethylamine (Omdat Van 't Hoff nog geen promotierecht had, promoveerde Romeny op 15 juni bij Franchimont in Leiden)
1883	*L.C. Schwab* (geb. 1855), Bijdrage tot de kennis der estervorming (3 maart) *L.Th. Reicher* (1857-1943), De temperatuur der allotropische verandering van de zwavel en haar afhankelijkheid van den druk (13 juli)
1885	*P.A. Vos* (1858-1934), Eene toepassing van den spectrocolorimeter op het scheikundig onderzoek (Promotie tot doctor in de pharmacie op 8 december bij Gunning) *H.J. van 't Hoff* (1859-1939), Bijdrage tot de kennis der inactieve appelzuren van verschillende afkomst (17 december)
1887	*P.C.F. Frowein* (1854-1917), Dissociatie van kristalwaterhoudende zouten (Promoveerde op 15 januari om persoonlijke redenen bij Lorentz in Leiden)
1889	*H.P. Wijsman jr.* (1862-1916), op stellingen (Op dezelfde dag, 10 juli, gepromoveerd bij De Vries tot dr. plant- en dierkunde op het proefschrift: De diastase, beschouwd als mengsel van maltase en dextrinase)
1890	*J.G.C. Vriens* (geb. 1866), De dampspanning van koperkaliumchloried en zijn oplossingen (1 december) *W. Meyerhoffer* (1864-1906), Ueber die reversible Umwandlung des Cupribikaliumchlorids (Zeitschrift für physikalische Chemie 3(1889)336-446) en Ueber die gesättigten Lösungen der Verbindungen aus Cuprichlorid und Kaliumchorid (idem 5(1890)97-132) (Meyerhoffer promoveerde, omdat hij niet aan een Nederlandse universiteit had gestudeerd, bij Wilhelm Ostwald in Leipzig)

1891	*A. van Bijlert* (1864-1925), Eenige waarnemingen op kryoskopisch gebied (6 mei)
1893	*D.M. Kooy* (1867-1936), De stabiliteit der waterstofverbindingen (19 april) *H.J. van de Stadt* (geb. 1868), De oxydatie van phosphorwaterstof en het metaphosphorigzuur (10 mei) *J.K. van der Heide* (1867-1954), De dubbelzouten van kalium- en magnesiumsulfaat: schöniet en astrakaniet (7 juli) *E.J. Cohen* (1869-1945), Het bepalen van overgangspunten langs electrischen weg en de electromotorische kracht bij scheikundige omzetting (8 november) *J.J.A. Wijs* (1864-1942), De elektrolytische dissociatie van water (25 november) *G. Hondius Boldingh Jr.* (1865-1936), op stellingen (14 december. Op dezelfde dag promoveerde hij bij Van der Waals en Gunning tot doctor in de wis- en natuurkunde op het proefschrift: De afwijkingen van de wetten voor verdunde oplossingen)
1895	*W.F. Proost* (geb. 1867), De splitsing van het dihydro-ortho-phtalzuur (4 november; door het vertrek van Van 't Hoff naar Berlijn was Gunning promotor)
1896	*H.P. Barendrecht* (geb. 1871), De dimorphie van het ijs en de alcoholhydraat-kwestie (21 maart bij Gunning) *W.P. Jorissen* (1869-1959), Langzame oxydatie van en zuurstofactieveering door triaethylphosphien, propionaldehyd en benzaldehyd (21 oktober bij Bakhuis Roozeboom)
1897	*J.H.K. Docters van Leeuwen*, Ueber die Spaltung von Seignettesalz und der entsprechenden Ammoniumverbindung (Zeitschrift für physikalische Chemie 23(1897)33-55, waarop hij in Basel promoveerde)

meester. Voor de toekomst waren Reicher en Jorissen veelbelovende fysisch-chemici die in de traditie van Van 't Hoff werkten. Cohen en Reinders werden beide hoogleraar: Willem Reinders (1874-1951), die na het vertrek van Van 't Hoff bij Bakhuis Roozeboom afstudeerde en promoveerde (1899), werd hoogleraar in Delft (1908), waar hij de fasenregel van Gibbs systematisch toepaste op heterogene chemische evenwichten. Cohen, buitengewoon hoogleraar in Amsterdam (1901) en gewoon hoogleraar in Utrecht (1902), werd vooral bekend door zijn systematische onderzoekingen van de fysische isomerie, in het bijzonder de allotropie van het tin. Jorissen werd lector in Leiden (1908).

De belangrijkste en meest originele leerling van Van 't Hoff was Johannes Jacobus van Laar (1860-1938), die van 1881-1884 in Amsterdam studeerde, maar niet promoveerde. Hij was leraar wiskunde aan de hogere burgerscholen van Middelburg en Utrecht (1884-1897), privaatdocent in de mathematische chemie in Amsterdam (1898), assistent van Bakhuis Roozeboom (1903) en lector in de propaedeutische wiskunde voor chemici (1908-1912), maar vertrok daarna wegens gezondheidsredenen naar Zwitserland waar hij tot aan zijn overlijden woonde.

Zijn gehele leven lang verdedigde Van Laar in talloze publikaties een zuiver thermodynamische behandeling van de verschijnselen in oplossing en verzette hij zich fel tegen de opvatting dat de osmotische druk de oorzaak is van de verschijnselen in elektrolytoplossingen. Door zijn kritische houding had hij grote invloed op de fysische chemie in ons land. Voortdurende herhalingen en gedetailleerde berekeningen, gecombineerd met de door zijn strijdbare natuur gekenmerkte stijl, maakten het lezen van zijn publikaties voor chemici minder aantrekkelijk.

Van Laars verdiensten voor de ontwikkeling van de fysische chemie zijn groot geweest.[78.] Hij was een vurig propagandist voor de microscopische interpretatie van de thermodynamische verschijnselen. De grondslag van zijn werk was de thermodynamica van Gibbs, die hij combineerde met de moleculair-kinetische opvattingen van Van der Waals en met de intuïtieve denkwijze van Van 't Hoff. Een groot deel van zijn omvangrijk werk gaat over de toestandsvergelijking van Van der Waals uit 1873. Van Laar probeerde de vorm van de temperatuur en de drukafhankelijkheid van de in de vergelijking van Van der Waals voorkomende stofconstanten te berekenen.

Van Laar was een uitstekend mathematisch chemicus. In zijn *Die Thermodynamik in der Chemie* (1893) paste hij systematisch de thermodynamica toe op chemische evenwichten. Steeds weer wees hij op het feit dat Van 't Hoffs wetten alleen onder speciale omstandigheden geldig zijn. Hij was tegen het gebruik van de osmotische druk in de theorie van de oplossingen en paste op ieder systeem de thermodynamica van Gibbs en de toestandsvergelijking van Van der Waals toe.

Hoewel Van Laars werk door de wiskundige behandeling voor veel chemici moeilijk was, is het een van zijn grote verdiensten geweest dat hij de behandeling en de toepassing van de thermodynamica op chemische vraagstukken algemeen bekend maakte onder de Nederlandse scheikundigen. Van belang is in dit verband een serie artikelen in het *Chemisch Weekblad* van 1905, ‘Iets over den thermodynamischen potentiaal en zijne toepassingen op scheikundige evenwichtsproblemen’[79.], die in 1906 gebundeld in het Duits werden uitgegeven als: *Sechs Vorträge über das thermodynamische Potential und seine Anwendungen auf chemische und physikalische*

Gleichgewichtsprobleme. Deze nooit uitgesproken zes voordrachten - voorafgegaan door twee lezingen over niet-verdunde oplossingen en over de osmotische druk[80.] - bevatten een helder en duidelijk overzicht over het gebruik van de tweede hoofdwet van de thermodynamica voor de scheikunde.

Reeds in 1895 verdedigde Van Laar de opvatting dat de afwijkingen, die sterke elektrolyten vertonen bij toepassing van de verdunningswet van Ostwald, het gevolg zijn van sterke elektrische velden van de ionen. In 1900 nam hij een praktisch volledige dissociatie van sterke elektrolyten in oplossing aan. Deze opvattingen wekten echter nauwelijks enige belangstelling.

Van 't Hoff in Berlijn (1896-1911)

Op 23 april 1896 schreef Van 't Hoff aan Ernst Cohen: '[W]ir [= Van 't Hoff en zijn medewerker Meyerhoffer] beabsichtigen in erster Linie, die Salzbildungen von Staßfurt und deren Verarbeitung von den neuen Gesichtspunkten aus zu untersuchen, und zwar in größerem Maßstabe'.[81.]

Ook in zijn intredevoordracht voor de Akademie der Wissenschaften in Berlijn op 2 juli 1896 deelde Van 't Hoff dit onderzoekprogramma mee: 'So möchte ich mich noch zunächst demjenigen Theil der physikalischen Chemie widmen, der sich mit den sogenannten Umwandlungserscheinungen, der Doppelsalzbildung, dem doppelten Umtausch beschäftigt; auch dort ist die Anwendung der Mathematik möglich, und speciell anziehend ist die Aussicht auf den nebenbei möglichen Anschluss an die Stassfurter Industrie und Geologie'.[82.]

De reden dat Van 't Hoff zich wilde bezighouden met de 'Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere deren des Staßfurter Salzablagers' had te maken met het feit dat hij zijn Amsterdamse onderzoekingen wilde voortzetten. Daar had hij zich 'zuletzt dem Oxydationsmechanismus, der racemischen Spaltung und der Doppelsalzbildung gewidmet'.[83.] Voor een verder onderzoek naar de samenhang van de reactiesnelheid en de zuurstofdruk bij oxydatieprocessen, was de inrichting van zijn Berlijnse laboratorium niet geschikt. Het probleem van de racemische splitsing was vrijwel opgelost, zodat alleen een verdere studie van de dubbelzoutvorming overbleef. Op de uitbreiding hiervan op de Stassfurtse zoutafzettingen had zijn vriend Van Bemmelen, de Leidse hoogleraar in de anorganische scheikunde, in zijn rectoraatsrede van 8 februari 1889 al gewezen.[84.] Ook Van 't Hoffs medewerker Meyerhoffer had recent eenzelfde opmerking gemaakt: 'Die Bildung der Salzlager in Stassfurt, Wieliczka und an anderen Orten, sofern sie auf maritimen Ursprung zurückzuführen sind, können nicht eher eine detailllirte Erklärung erhalten, ehe die Löslichkeit und Gleichgewichtsverhältnisse der im Meere vorhandenen Salze einer systematischen Untersuchung unterworfen sind'.[85.]

Meyerhoffer was toen privaatdocent in Wenen en kwam in het voorjaar van 1896 naar Berlijn om met Van 't Hoff samen te werken. Tot zijn vroege dood in 1906 was hij Van 't Hoffs naaste en voornaamste medewerker.[86.]

Het onderzoek dat Van 't Hoff in Berlijn begon en dat voor de Stassfurtse mijnbouw van groot belang was, was in feite een vervolg op zijn Amsterdamse studies over de vorming van een aantal mineralen die in Stassfurt voorkwamen. In 1887 had

hij met zijn assistent Charles Marinus van Deventer (1860-1931) een onderzoek naar de omzettingstemperaturen van chemische ontledingen gedaan. Net als bij het door Reicher onderzochte zwavel, moeten ook omzettingstemperaturen optreden bij zuiver chemische processen: de dehydratatie van gehydrateerde zouten, de wederzijdse omzetting van chemische isomeren en de vorming en ontleding van dubbelzouten. Bij de vorming van het astrakaniet ($Na_2SO_4.MgSO_4.4H_2O$) uit natriumsulfaat en magnesiumsulfaat werd een overgangstemperatuur van 21,5 ^oC gevonden; bij de vorming van natriumammoniumracemaat uit de overeenkomstige natriumammoniumtartraten een overgangspunt van 27,0 ^oC. Van 't Hoffs assistent Reicher bepaalde het omzettingspunt bij de vorming van het kopercalciumacetaat (1887); de invloed van de druk op de ontleding van dat zout werd door Van 't Hoff en de Luikse chemicus Walther Spring bestudeerd (1887). Later vond Van 't Hoff met Reicher overgangspunten bij dubbele omzettingen (1889). Toen Meyerhoffer eind 1888 naar Amsterdam kwam, onderzocht hij als promotieonderwerp de splitsing van het koperbikaliumchoride. In 1893 promoveerde Johan Kornelis van der Heide (1867-1954) over het bestaansgebied van het schöniet ($K_2SO_4.MgSO_4.6H_2O$), waarbij hij kaliumastrakaniet of leoniet ($K_2SO_4.MgSO_4.4H_2O$) verkreeg. Van 't Hoffs Duitse medewerker Richard Löwenherz (1867-1929) onderzocht in 1894 het karnalliet ($KCl.MgCl_2.6H_2O$). Een overzicht van deze onderzoekingen publiceerde Van 't Hoff in zijn *Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen* (1897), een neerslag van zijn Amsterdamse colleges uit 1894-1895 en zijn Berlijnse uit 1896.

In Amsterdam was Van 't Hoff echter niet geïnteresseerd in de vormingsomstandigheden van de in Stassfurt voorkomende zouten. Daar was de doelstelling een geheel andere, namelijk 'de opsporing van een overgangspunt bij dubbelzoutvorming, dat bij Astrakaniet het eerst gevonden werd'.[87.] Vandaar dat 'van het nieuw opgenomen werk [...] voor mij slechts een deel met de zoutbeddingen samen[hing], maar de toenemende aantrekkelijkheid en omvang er van verdrongen langzamerhand het overige'.[88.] Wel had Van 't Hoff in zijn Amsterdamse periode voldoende feiten verzameld over de vorming van dubbelzouten om met succes een systematisch experimenteel onderzoek naar de in Stassfurt voorkomende zouten te kunnen beginnen.

Bij boringen in Stassfurt, waar al sinds de middeleeuwen steenzout werd gewonnen, had men in 1839 een door bittere magnesium- en kaliumzouten 'verontreinigde' zoutoplossing verkregen, die spoedig tot een geheel nieuwe tak van industrie zou leiden.[89.] In 1859 ontdekte men dat de eerst als waardeloos beschouwde 'Abraumsalze' economisch belangrijke kaliumzouten bevatten, vooral in de vorm van karnalliet. Dit leidde tot de Stassfurtse kali-industrie. In 1884 werd het Kali-Syndicat opgericht dat de wereldhandel in kaliummineralen monopoliseerde. Kaliumzouten vonden snel toepassing als kunstmest en in de salpeterfabrikage. Om de kaliumzouten af te scheiden werden voornamelijk empirische en praktische methoden ontwikkeld. Onderzoek naar de verandering van de oplosbaarheid met de temperatuur had voorlopig geen succes omdat men niet op de hoogte was van het bestaan van hydraten. Deze werden pas in 1888-1889 door Bakhuis Roozeboom gevonden en bestudeerd.[90.] In Berlijn onderzocht Van 't Hoff met Meyerhoffer en 29 medewerkers tussen 1896 en 1908 systematisch het probleem van de vorming van de natuurlijke zoutafzettingen: steenzout en de erboven liggende Abraumsalze.[91.] Van 't Hoff was zo bekend dat er 'dadelijk [...] medewerkers [zich aan] meldden, die, doordat ik ze iets meer liet beta-

len dan elders en slechts op bijzondere aanbeveling hoofdzakelijk gepromoveerden aannam, nooit talrijk waren, maar steeds een kleine keurbende vormden'.[92.] Van 't Hoffs zoutonderzoekingen zijn het eerste voorbeeld van een omvangrijk teamwerk op het gebied van de natuurwetenschappen. Ze werden tot 1903 uitgevoerd in een laboratorium in de Uhlandstraße (Berlijn-Wilmersdorf) en daarna in een laboratorium in de Düsseldorffstraße. De resultaten werden gepubliceerd in de *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* en na Van 't Hoffs dood gepubliceerd in de *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagers* (1912). Van 't Hoff publiceerde tweemaal een tussentijdse samenvatting van het onderzoek als: *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (1905 en 1909).

Op 4 februari 1897 bood Van 't Hoff de eerste resultaten van zijn onderzoekingen over de Stassfurtse zoutafzettingen aan de Pruisische Akademie van Wetenschappen aan. De formulering van zijn onderzoekprogramma laat het omvangrijke ervan duidelijk zien:

'Zunächst sollen die Gleichgewichtsverhältnisse der neben Kochsalz im Meerwasser vorkommenden Hauptbestandteile, die Sulfate und Chloride von Kalium und Magnesium, ins Auge gefaßt werden und die Frage Beantwortung finden, was vorgeht, wenn Lösungen von Komplexen derartiger Salzen in möglichst verschiedenen Verhältnissen bei wechselnden Temperaturen zum Eintrocknen kommen; die Hauptvorkommnisse Staßfurts, Kieserit ($SO_4Mg.H_2O$), Karnallit ($MgCl_2.KCl.6H_2O$), Kainit ($SO_4Mg.KCl.3H_2O$) usw. treten uns dann schon entgegen.

In zweiter Linie handelt es sich dann um den Einfluß, den das Mitvorhandensein von Steinsalz (ClNa) auf obige Verhältnisse hat; es stellen sich dabei Existenzbedingungen von Astrakanit ($SO_4Na_2.SO_4Mg.4H_2O$), vom Pennyschen Salz $(SO_4)_2K_3Na$ usw. heraus.

Als dritte Aufgabe stellt sich die Mitberücksichtigung des Kalziums, und die Hauptrolle fällt jetzt dem Gips ($CaSO_4.2H_2O$) und Anhydrit ($CaSO_4$), dem Tachhydrit $(MgCl_2)_2CaCl_2.12H_2O$, dem Polyhalit $(SO_4)_4K_2MgCa_2.2H_2O$ usw. zu.

Schließlich womöglich die in ganz geringen Mengen vorhandenen Körper, die als Borazit, Eisen-, und Bromverbindungen usw. auftreten'.[93.]

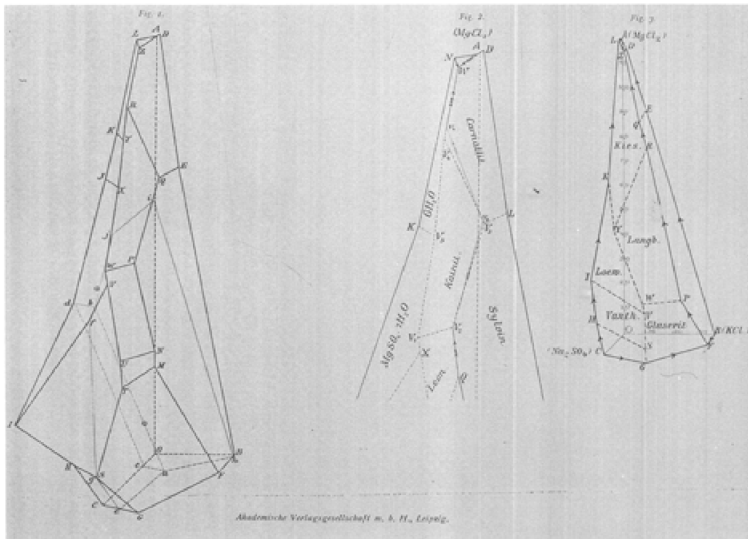
Voor Van 't Hoff met dit omvangrijke onderzoek kon beginnen, onderzocht hij met Meyerhoffer de 'Existenzbedingungen und Lösungsverhältnisse von Chlormagnesium und dessen Hydraten', waaronder het in de Stassfurtse zoutbeddingen voorkomende bisschoffiet ($MgCl_2.6H_2O$) en het karnalliet (1897). Een fasendiagram van de verkregen resultaten gaf een 'Einblick in die Gesamtheit der Erscheinungen qualitativ und quantitativ, welche zu erwarten sind, falls Kaliumchlorid, Magnesiumchlorid und Wasser in wechselnden Verhältnissen bei Temperaturen, die zwischen dem kryohydratischen Punkt [= de omzetting van ijs en zout in een verzadigde oplossing] und 186° gelegen sind'.[94.]

Na een onderzoek met zijn Canadese medewerker Frank Boteler Kenrick (1874-1951) over de 'Existenzbedingungen und Löslichkeitsverhältnisse von Tachhydrit' werd het onderzoek over karnalliet en magnesiumchloride uitgebreid door een derde zout toe te voegen (magnesiumsulfaat), waardoor tevens een vierde zout ontstond (kaliumsulfaat). Systematisch werden in de volgende jaren de bij deze reactie ge-

vormde dubbelzouten onderzocht en de resultaten in fasendiagrammen vastgelegd. In 1904 vatte Van 't Hoff met zijn medewerkers, de Oostenrijker Otto Biach (1881-1923) en de Duitser Hans Sachs (geb. 1881) zijn experimenten samen in een uitgebreid fasendiagram met op de assen de zouten magnesiumchloride, kaliumchloride en natriumsulfaat. In 1905 publiceerde hij een samenvatting van de tot dusver uitgevoerde experimenten over de ‘Salzvorkommnisse, die aus den Chloriden und Sulfaten von Natrium, Kalium und Magnesium aufgebaut sind’. De beschouwde factoren waren tijd, temperatuur, druk en oplosbaarheid en de relatieve hoeveelheden van de aanwezige zouten. De resultaten werden grafisch uitgezet. (Afb. XXIV) Van 't Hoff was hiermee niet alleen in staat de samenstelling van de verschillende hydraten en dubbelzouten die onder verschillende fysische omstandigheden gevormd worden aan te geven, maar ook het verband ervan met al bekende in de natuur voorkomende zouten en in sommige gevallen het bestaan van nog niet ontdekte zouten te voorspellen. Zo berekende hij hoeveel zouten nodig zijn voor de bereiding van een aantal in Stassfurt voorkomende mineralen. Uit een op grond van deze gegevens gemaakte tabel is te zien uit welke zoutoplossingen de genoemde mineralen bij 25 ^{o}C uitkristalliseren.

Voor zijn onderzoekingen maakte Van 't Hoff gebruik van de fasenregel, maar niet van de thermodynamica van Gibbs uit de jaren 1876-1878.[95.] In tegenstelling tot Bakhuis Roozeboom had Van 't Hoff weinig liefde voor het wiskundig apparaat waarvan de fasenleer van Gibbs gebruik maakte en dat door Bakhuis Roozeboom sinds 1877 met succes was toegepast op de klassificatie en het onderzoek van heterogene evenwichten. Daar kwam bij dat Van 't Hoff de fasenregel eigenlijk voor overbodig hield. In zijn *Études de dynamique chimique* (1884) had hij het chemisch evenwicht onderscheiden in homogene, heterogene en gecondenseerde systemen (systemen waarbij geen enkele component een variabele concentratie bezit). Bij deze gecondenseerde systemen concludeerde Van 't Hoff tot het bestaan van een overgangspunt, waarbij de omzetting niet meer met de temperatuur verandert zoals wel het geval is bij homogene en heterogene evenwichten. Beneden het overgangspunt ligt het evenwicht geheel naar links, erboven geheel naar rechts. Verder formuleerde hij zijn ‘Loi de l'incomptabilité des systèmes condensés’, volgens welke een evenwicht tussen twee systemen met alleen gecondenseerde fasen een overgangspunt heeft, dat wil zeggen deze systemen kunnen slechts bij één temperatuur, bij gegeven druk, naast elkaar bestaan.[96.] Van 't Hoff sloot hierbij expliciet mengkristallen uit. Deze wet omvat slechts een aantal speciale gevallen van de fasenregel met het aantal vrijheidsgraden gelijk aan één doordat er bij de afleiding van deze regel geen variabele concentraties optreden en er slechts één betrekking bestaat tussen de thermodynamische potentiaal en de concentratie. Van 't Hoff was getroffen door het verschil tussen het evenwicht tussen ijs en water en dat tussen rhombische en monokliene zwavel. In het eerste geval hebben we een beweeglijk evenwicht dat met de temperatuur verschuift. In het tweede geval echter een overgangspunt waarbij de twee fasen naast elkaar kunnen bestaan, maar boven of beneden dat overgangspunt ‘incomptable’, onverenigbaar zijn. Het onderzoek van dergelijke systemen bleef een van Van 't Hoffs belangrijke onderzoeksthema's.

Zoals gezegd achtte Van 't Hoff de fasenregel overbodig. Zijn evenwichtsbeschouwingen van de zogenoemde gecondenseerde systemen leidden immers tot hetzelfde resultaat als met de fasenregel. Op 29 november 1902 hield Van 't Hoff voor de



*XXIV. Fasendiagram van Stassfurtse zouten door Van 't Hoff (*Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, *1904).*

Deutsche Chemische Gesellschaft in Berlijn een voordracht over de fasenleer. Uitvoerig besprak hij de omzettingstemperatuur die optreedt bij allotropische omzetting, de vorming en splitsing van zouthydraten (als glauberzout) en bij dubbelzouten

(als astrakaniet) en kwam tot de conclusie: 'Die Gibbs'sche Regel erlaubt also, die Bedingung für die verwickelteste chemische Umwandlungserscheinung unter einen Gesichtspunkt zu bringen mit derjenigen für die physikalische Schmelzung, und sie ordnet die entsprechenden mehrfachen Punkte nach der Zahl der dabei neben einander vorhandenen Phasen an. Eine Vereinfachung lässt sich in der Regel anbringen für den Fall, dass wie oben eine der Phasen dampfförmig, eine zweite flüssig ist; der mehrfache Punkt resp. Umwandlungspunkt ist dann charakterisirt durch eine Zahl von Bodenkörpern, welche derjenigen der Bestandtheile gleich ist'.[97.] In de besproken gevallen is het aantal fasen gelijk aan het aantal componenten vermeerderd met twee (r = n + 2), zodat de systemen geen vrijheidsgraad bezitten. Vervolgens worden systemen bij constante temperatuur beschouwd, waarbij r kleiner is dan (n + 2). Al naar gelang (n + 2)-r = 1, 2, 3, enz., dat wil zeggen als er 1, 2, 3, enz. vrijheidsgraden zijn, hebben we een tweede indelingsbeginsel gekregen. Van 't Hoff toonde in zijn voordracht aan dat de toepassing van de fasenregel op zijn onderzoekingen, in het bijzonder op zijn zoutonderzoekingen, zinvol en bruikbaar was. Toch moest hij weinig hebben van de Gibbse fasenleer. 'Bekanntlich is diese Arbeit [n.l. van Gibbs uit 1876] durch den Ort des Erscheinens und die abstracte Art des Inhalts vielen auf diesem Gebiet Thätigen lange unbekannt geblieben, und so wurde von mir in meinen Études de dynamique chimique [1884, 146] der sogenannte "Satz der Unverträglichkeit condensirter Systeme" ausgesprochen. Dieser deckt sich in vieler Hinsicht mit Gibbs' Phasenregel, welche dieser Phasenlehre zu Grunde liegt, und geht in einigen Beziehungen noch weiter. Es kommt hinzu, dass auch die strenge Ableitung der Phasenregel sich bis jetzt nicht einfach geben lässt, und so werde ich auch hier darauf verzichten'.[98.] Daar kwam nog bij: 'Es ist schade, dass allmählich, wie wichtig auch der Inhalt der Phasenregel sein mag, eine gewisse Uebertreibung sich in Bezug auf den Umfang ihrer Tragweite entwickelt. Viel wird auf Rechnung der Phasenregel geschoben, was deren Anwendung nicht zu danken ist; diese Uebertreibung zeigt sich besonders in dem sich allmählich einbürgernden Gebrauch, von "flüssiger Phase", "Gasphase", "fester Phase" zu sprechen, wo es ebenso gut Flüssigkeit u.s.w. heissen kann. Die grosse Bedeutung der Phasenregel liegt eben nicht in dem Werthe, welchen dieselbe als Leitfaden bei der Untersuchung hat, sondern mehr im pädagogischen Werthe bei Behandlung und Classification der Gleichgewichtserscheinungen'.[99.]

Ook in Van 't Hoffs 'Nachruf an H.W. Bakhuis Roozeboom' (1907) vinden we dezelfde gedachten uitgesproken.[100.]

Van 't Hoffs fraaie experimentele onderzoekingen over de Stassfurtse zoutafzettingen laten zien dat ook zonder het gebruik van de fasenleer het mogelijk was evenwichtsverschijnselen succesvol te bestuderen. Het was Bakhuis Roozeboom die aantoonde dat de fasenleer niet alleen als hulpmiddel voor de klassificatie van schijnbaar niet-samenhangende verschijnselen kan dienen, maar ook een heuristische betekenis heeft.

In zijn bijdrage tot het gedenkboek dat J.M. van Bemmelen in 1910 werd aangeboden, gaf Van 't Hoff een overzicht van zijn Berlijnse onderzoekingen.[101.] Hij wil nu, als zijn zwakke gezondheid het tenminste toelaat, na het zoutvraagstuk in een nieuw laboratorium een geheel nieuw fundamenteel onderzoek beginnen, namelijk de toepassing van zijn evenwichtsleer op de werking van fermenten en enzymen, waarover hij twee, grotendeels theoretische artikelen schreef (1909, 1911). Door zijn overlijden



XXV. Het Van 't Hoff-monument aan de 's-Gravendijkwal te Rotterdam tegenover de voormalige hogere burgerschool met 5-jarige cursus, waar J.H. van 't Hoff in juli 1869 zijn eindexamen aflegde.

in 1911 heeft hij dit nieuwe onderzoek echter nauwelijks ter hand kunnen nemen. (Afb. XXV)

Samenvatting

Al in 1887 sprak Charles Marinus van Deventer in jeugdige bewondering over de 'Nederlandsche Scheikunde' van Van 't Hoff[102.], die grote naam heeft verworven 'door het verrassende en vooruitdringende der ideeën en door de stevige ondersteuning van theoretisch onderzoek en proefondervindelijke argumenteeering, een argumenteering geput zoowel uit experimenten van eigen hand als uit die van anderen'.[103.] Volgens Van Deventer is het kenmerkende van het werk van Van 't Hoff het 'verzamelen van anderer werk en dat omarbeiden tot een eigen geheel, met toevoeging van eigen ideeën en laboratorium-werk: soliditeit en voortvarendheid'. Van 't Hoff 'is verliefd op de idee'. Van hem stamt de stereochemie, maar de uitwerking is van anderen. Het beginsel van het beweeglijk evenwicht is van hem, maar anderen hebben de meer uit-

gebreide leer van de coëxisterende fasen toegepast op de scheikundige gevallen. Van hem is het begrip overgangspunt, maar de definitieve theoretische uitwerking niet. Zijn theorie van de osmotische druk 'staat zoo stevig als een pyramide, doch slechts de verliefdheid op de grondgedachte heeft den moed kunnen geven haar vast te houden in het labyrinth van verwikkelingen en afwijkingen'. Van 't Hoff verzamelde gegevens van anderen en leidde er een theorie uit af. Zijn liefde voor het idee vindt men dikwijls in de door hem gebruikte experimentele methoden: 'Want Van 't Hoff is vaak tevreden met een methode, die de hoofdzaak kan bewijzen, al toont zij vele bijverschijnselen misschien niet. De overgangspunten zijn bestudeerd met een instrument, dat een wel-geschoold physikus gewoonlijk slechts voor een vóórproef zal gebruiken; Van 't Hoff echter bediende er zich van voor het beslissende onderzoek, en de evidentie was onwederlegbaar'.[104.]

Van 't Hoff bezat in hoge mate de gave om scherp te onderscheiden wat hoofdzaak is en wat van ondergeschikt belang. Hij heeft meer naam gemaakt door zijn theorieën, dan door zijn experimenten. Voor Van 't Hoff was een experiment nooit doel, maar een middel om het resultaat waar hij naar zocht op de eenvoudigste wijze met zekerheid te verkrijgen. Daardoor dankt de theoretische scheikunde aan Van 't Hoff fundamentele theorieën op het gebied van de chemische kinetika, de thermodynamika en de stereochemie welke heden nog hun onveranderde plaats in de chemie bezitten. Terecht hebben zijn leerlingen onder een hem in 1889 aangeboden bas-relief het onderschrift laten zetten: 'Physicam chemiae adiunxit', hij heeft de fysica met de chemie verbonden.[105.]

Eindnoten:

1. E. Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Leipzig, 1912); W.P. Jorissen en L.Th. Reicher, *J.H. van 't Hoffs Amsterdamer Periode 1877-1895* (Helder, 1912). Zie ook: *Biografisch Woordenboek van Nederland* ('s-Gravenhage, 1979), deel I, pp.246-248
2. J.H. van 't Hoff, *Handelingen van het Vijfde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Amsterdam, op den 19den en 20sten April 1895* (Haarlem, 1895), p. 9
3. Zie: H.A. Lorentz, 'Van 't Hoff's vertrek uit Nederland', *Chemisch Weekblad* 12(1915)515-516; E. Cohen, 'Chemie en Chemische Industrie te Amsterdam in den loop der Eeuwen', *idem* 37(1940)486-502 (495-498)
4. J.A. le Bel, *Bulletin de la Société Chimique de France* (2)22(1874)337-347
5. J.H. van 't Hoff, *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuur-formules in de ruimte; benevens een daarmeê samenhangende opmerking omtrent het verband tusschen optisch actief vermogen en chemische constitutie van organische verbindingen* (Utrecht, 1874), p. 3
6. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 5
7. J.H. van 't Hoff, *La Chimie dans l'Espace* (Rotterdam, 1875), p. 12
8. H.A.M. Snelders, 'The birth of stereochemistry. An analysis of the 1874-papers of J.H. van 't Hoff and J.A. le Bel', *Janus* 60(1973)261-278; 'Practical and theoretical objections to J.H. van 't Hoff's 1874-stereochemical ideas'. In: *Van 't Hoff - Le Bel Centennial*. Ed.O. Bertrand Ramsay (Washington, 1975), pp. 55-65 en 'J.A. le Bel's stereochemical ideas compared with those of J.H. van 't Hoff', in: *idem*, pp. 66-73
9. J.H. van 't Hoff, 'Sur les formules de structure dans l'espace', *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* 9(1874)445-454. In verkorte versie in *Bulletin de la société chimique de Paris* (2)23(1875)295-301
10. In 1887 verscheen Van 't Hoffs *Dix Années dans l'Histoire d'une Théorie. Deuxième edition de 'la chimie dans l'espace'* (Rotterdam, 1887)

11. J. Wislicenus, ‘Ueber die isomeren Milchsäuren’, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 166(1873)3-64; ‘Ueber die optisch-active Milchsäure der Fleischflüssigkeit, die Paramilchsäure’, *idem*, 167(1873)302-346 en ‘Ueber die Aethylenmilchsäure’, *idem*, 167(1873)346-356
12. In 1894 schreef Van 't Hoff: ‘Mir war derselbe im vorhergehenden Jahre in Utrecht nach der Lektüre von Wislicenus' Abhandlung über die Milchsäure aufgestiegen’ (*Die Lagerung der Atome im Raume*. Braunschweig. Zweite Auflage. 1894. pp. 1-2). Zie ook het verslag van Van 't Hoffs voordracht bij de opening van het Van 't Hofflaboratorium in Utrecht op 16 mei 1904 in *Chemisch Weekblad* 1(1904)516
13. In 1894 verscheen een uitgebreide tweede en in 1908 een derde druk.
14. J.H. van 't Hoff, *La Chimie dans l'Espace* (Rotterdam, 1875), p.7, voetnoot 1
15. H.H. Landolt, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 189(1878)241-337 (260)
16. J.H. Kolbe, *Journal für die praktische Chemie* (2)15(1877)474-476. Zie de reactie van Van 't Hoff in *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 10(1877)1620-1623 en in zijn inaugurele oratie van 11 oktober 1878, *De Verbeeldingskracht in de Wetenschap* (Rotterdam, 1878), pp. 3-4. Nog in 1881 sprak Kolbe over ‘schwindelhaften Hypothesen, wie die von der eingebildeten Erkenntniss der räumlichen Lagerung und von der Bewegung der Atome im Molekül’ (*Journal für praktische Chemie* (2)23(1881)309)
17. A. Kekulé, *Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie* (Bonn, 1878)
18. A. Kekulé, *The Laboratory* 1(1867)303-306.
19. J.W.P. Jorissen, ‘Eenige brieven van Van 't Hoff (1874-1875)’, *Chemisch Weekblad* 21(1924)495-501; E. Fischmann, ‘A reconstruction of the first experiments in stereochemistry. Letters from van 't Hoff to Bremer in a new chronological sequence’, *Janus* 72(1985)131-156. Het Museum Boerhaave in Leiden bezit de papieren modellen van het asymmetrisch koolstofatoom, welke door Van 't Hoff eigenhandig zijn gemaakt en door hem gezonden naar Bremer met een begeleidende brief van 13 juli 1875. Over Bremer, zie: S. Birnie, *Chemisch Weekblad* 7(1910)28-32
20. H.A.M. Snelders, ‘De reactie van Buys Ballot op van 't Hoffs Voorstel [...]’, *Scientiarum Historia* 15(1973)27-37
21. C.H.D. Buys Ballot, *Maandblad voor Natuurwetenschappen* 6(1875)21-28. De brief is gedateerd september 1875.
22. J. Wislicenus, in: J.H. van 't Hoff, *Die Lagerung der Atome im Raume* (Braunschweig, 1894), pp. VII-VIII
23. J.H. van 't Hoff, *Physical Chemistry in the Service of the Sciences* (Chicago, 1903), p. 5
24. J.H. van 't Hoff, ‘Wie die Theorie der Lösungen entstand’, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 27(1894)6-19 (6-7)
25. Vgl.: R.S. Root-Bernstein, *The Ionists: founding physical chemistry, 1872-1890*. Niet-gepubliceerde dissertatie Princeton Universiteit, 1980
26. J.H. van 't Hoff, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 27(1894)7
27. J.H. van 't Hoff, ‘Die Grenzebene, ein Beitrag zur Kenntniss der Esterbildung’, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 10(1877)669-678
28. J.H. van 't Hoff, *Études de dynamique chimique* (Amsterdam, 1884), p. 2
29. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 8
30. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 161
31. J.H. van 't Hoff, ‘Lois de l'équilibre chimique dans l'état dilué, gazeux ou dissous’, *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 21, no. 17 (1886)3-41; ‘Une propriété générale de la matière dilué’, *idem*, 42-49; ‘Condition électrique de l'équilibre chimique’, *idem*, 50-58
32. J.H. van 't Hoff, ‘L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux ou dissous’, *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* 20(1886)239-302
33. J.H. van 't Hoff, ‘Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen’, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 1(1887)481-508
34. E. Mitscherlich, *Lehrbuch der Chemie* (Berlijn, 1844, vierde druk), deel I, p. 565
35. J.H. van 't Hoff, *Études de dynamique chimique*, pp. 181-182. Vgl.: H.A.M. Snelders, ‘J.H. van 't Hoffs theorie van de verdunde oplossingen’, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 10(1987)2-19
36. W. Pfeffer, *Osmotische Untersuchungen. Studien zur Zellmechanik* (Leipzig, 1877), p. 85
37. J.H. van 't Hoff, *Die Gesetze des chemischen Gleichgewichtes für den verdünnten, gasförmigen oder gelösten Zustand* (Leipzig, 1900), p. 93, noot 3a
38. J.H. van 't Hoff, *Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie* (Braunschweig, 1903), deel II, p. 27. Ook Svante Arrhenius (*Zeitschrift für physikalische Chemie* 1(1887)632) en Ludwig Boltzmann (*idem* 6(1890)474-480) namen een kinetische verklaring aan. Algemeen werd immers aangenomen dat de gasdruk door moleculaire botsingen wordt veroorzaakt, zodat het logisch was dat hetzelfde voor de osmotische druk werd aangenomen, vooral omdat voor beide gevallen dezelfde wetten gelden.
39. W. Pfeffer, *Osmotische Untersuchungen*, p. 81
40. H. de Vries, ‘Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft’, *Pringheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik* (4)14(1884)427-595

41. C. Soret, ‘Sur l'état d'équilibre que prend au point de vue de sa concentration une dissolution saline primitivement homogène dont deux parties sont portées à des températures différentes’, *Archives des sciences physiques et naturelles* 2(1819)48-61 en 4(1880)209-213
42. H.J. Hamburger, ‘De invloed van scheikundige verbindingen op bloedlichaampjes in verband met hare moleculair-gewichten’, *Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool* (3)9(1884)26-42
43. J.H. van 't Hoff, *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 21, no 17 (1886)12
44. J.H. van 't Hoff, *idem*, pp. 13-14
45. J.H. van 't Hoff, *Handlingar*, pp. 42-49
46. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 43
47. J.H. van 't Hoff, *idem*, pp. 50-58
48. J.H. van 't Hoff, *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* 20(1886)255
49. Vgl.: H.A.M. Snelders, ‘The Dutch physical chemist J.J. van Laar (1860-1938) versus J.H. van 't Hoff's osmotic school’, *Centaurus* 29(1986)53-71 en ‘The historical background of Debye's and Hückel's theory of strong electrolytes’, *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*. Series B, 89(1986)79-94
50. J.H. van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 1(1887)483
51. Zie onder meer F.M. Raoult, ‘Sur la tension de vapeur et sur le point de congélation des solutions salines’, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences* 87(1878)167-169; ‘Loi de congélation des solutions aqueuses des matières organiques’, *Annales de chimie et de physique* (5)28(1883)133-144 en ‘Loi générale de congélation des dissolvants’, *idem* (6)2(1884)66-93
52. S. Arrhenius, ‘Recherches sur la conductibilité galvanique des électrolytes’, *Bihang till Kongliga Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 8 (1884), no 13 en 14
53. Afgedrukt in: E. Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, pp. 219-224. De brief bevat in extenso het derde ‘Zweedse’ artikel.
54. E. Cohen, *idem*, p. 240
55. E. Cohen, *idem*, pp. 242-243
56. J.H. van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 1(1887)501
57. S. Arrhenius, ‘Ueber die Dissociation der im Wasser gelösten Stoffe’, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 1(1887)631-648
58. Vgl.: S. Arrhenius, ‘Aus der Sturm- und Drangzeit der Lösungstheorien’, *Chemisch Weekblad* 10(1913)584-599
59. *Report of the sixtieth meeting of the British Association for the Advancement of Science held at Leeds in September 1890* (1891). Vgl.: R.G.A. Dolby, ‘Debates over the Theory of Solution: A Study of Dissent in Physical Chemistry in the English-Speaking World in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries’, *Historical Studies in the physical sciences* 7(1976)297-404 (331-337)
60. J.W. Doyer, Jzn., H. Ekama en P. Molenbroek, ‘Rapport over de electrolytische dissociatie, uitgebracht door de commissie, benoemd in de Vergadering der Sectie voor natuur- en scheikunde van het natuur- en geneeskundig Congres, op 4 april 1891’, *Handelingen van het vierde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Groningen op den 7den en 8sten April 1893* ('s-Gravenhage, 1893), eerste stuk, pp. 1-58
61. J.W. Doyer, c.s., *idem*, p. 1
62. J.W. Doyer c.s., *idem*, tweede stuk, p. 95
63. J.W. Doyer c.s., *idem*, pp. 95-96
64. J.H. van 't Hoff, *Berichte der Deutsche Chemischen Gesellschaft* 27(1894)6-19
65. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 9
66. J.H. van 't Hoff, *idem*, pp. 10-11
67. J.H. van 't Hoff, *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 21, no 17 (1886) 48-49. Pettersson zond deze waarden aan Van 't Hoff in een brief van 29 juni 1885 (E. Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, p. 232)
68. J.H. van 't Hoff, *Berichte*, p. 17
69. J.H. van 't Hoff, ‘Ueber feste Lösungen und Molekulargewichtsbestimmung an festen Körpern’, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 5(1890)322-339 (322)
70. J.H. van 't Hoff, ‘De physiologische beteekenis der jongste stroomingen op natuur- en geneeskundig gebied’, *Handelingen van het derde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres, gehouden te Utrecht op den 3den en 4den April 1891* (Utrecht, 1891), pp. 26-36 (36)
71. J.J.A. Wijs, *De electrolytische dissociatie van water* (Delft, 1893).
72. W. Ostwald en W. Nernst, ‘Ueber freie Ionen’, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 3(1889)120-130; S. Arrhenius, ‘Ueber die Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Elektrolyte’, *idem* 5(1890)1-23
73. J.H. van 't Hoff, *Berichte*, p. 19
74. H.A.M. Snelders, ‘J.H. van 't Hoffs theorie van de vaste oplossingen (1890)’, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 8(1982)49-57
75. J.H. van 't Hoff, *Zeitschrift für physikalische Chemie* 5(1890)322-339

76. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 323
77. H.A.M. Snelders, ‘J.H. van 't Hoff's researchschool in Amsterdam (1877-1895)’, *Janus* 71(1984)1-30
78. H.A.M. Snelders, *Centaurus* 29(1986)53-71. Vgl.: E.P. van Emmerik, *J.J. van Laar (1860-1938). A mathematical chemist*. Dissertatie Delft 1991
79. J.J. van Laar, *Chemisch Weekblad* 2(1905)283-289, 369-376, 381-389, 427-440, 571-584 en 653-671
80. J.J. van Laar, ‘Ueber nichtverdünnte Lösungen’ (in: *Sechs Vorträge über das thermodynamische Potential und seine Anwendungen auf chemische und physikalische Gleichgewichtsprobleme*. Braunschweig, 1906, pp. 1-16) en ‘Ueber den osmotischen Druck’ (*idem*, pp. 17-36). Ook in *Chemisch Weekblad* 2(1905)143-156 resp. 223-229
81. E. Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken* (Leipzig, 1912), p. 359
82. J.H. van 't Hoff, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1896, II, 745-747 (747)
83. J.H. van 't Hoff, *Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (Braunschweig, 1905). Heft 1, p. 1
84. J.M. van Bemmelen, ‘De nieuwe richting in de anorganische chemie’, *Jaarboek der Rijks-Universiteit te Leiden*, 1888-1889 (Leiden, 1889), p. 26
85. W. Meyerhoffer, ‘Ueber reciproke Salzpaare’, *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien*. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. Abt. 2b. 104(1895)840-855 (854)
86. J.H. van 't Hoff, ‘Wilhelm Meyerhoffer’, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 39(1906)4471-4478
87. J.H. van 't Hoff, ‘De voorspelling van een rektoraatsrede verwezenlijkt’. In: *Gedenkboek aangeboden aan J.M. van Bemmelen* (Helder, 1910), pp. 380-385 (381)
88. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 382
89. Vgl.: R.P. Multhauf, *Neptune's Gift. A History of Common Salt* (Baltimore, Londen, 1978)
90. H.W. Bakhuis Roozeboom, ‘Étude expérimentale et théorique sur les conditions de l'équilibre entre les combinaisons solides et liquides de l'eau avec les sels, particulièrement avec le chlorure de calcium’, *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles* 23(1889)199-354
91. H.A.M. Snelders, ‘Jacobus Henricus van 't Hoffs (1852-1911) Untersuchungen über die Staßfurter Salzablagerungen im Zeitraum von 1896 bis 1908’, *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* 1987/23 (T63), pp. 209-220
92. J.H. van 't Hoff, ‘De voorspelling [...]’, p. 382
93. J.H. van 't Hoff, *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagers* (Leipzig, 1912), p. 4
94. J.H. van 't Hoff, *Untersuchungen* [...], p. 29
95. H.A.M. Snelders, ‘J.H. van 't Hoff en de fasenleer’, *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 9(1986)10-24
96. J.H. van 't Hoff, *Études de dynamique chimique* (Amsterdam, 1884), pp. 146, 164-167
97. J.H. van 't Hoff, ‘Die Phasenlehre’, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 35(1902)4252-4264 (4256-4257)
98. J.H. van 't Hoff, *idem*, p. 4252
99. J.H. van 't Hoff, *idem*, pp. 4252-4253
100. J.H. van 't Hoff, *Chemiker-Zeitung* 31(1907)199
101. J.H. van 't Hoff, ‘De voorspelling van een rektoraatsrede verwezenlijkt’. In: *Gedenkboek aangeboden aan J.M van Bemmelen* (Helder, 1910), pp. 380-385
102. Ch.M. van Deventer, ‘Nederlandsche Scheikunde’, *De Nieuwe Gids* 2(1887), II, 144-147
103. Ch.M. van Deventer, ‘J.H. van 't Hoff’, *Eigen Haard* 1891, pp. 725-727 (726)
104. Ch.M. van Deventer, *idem*, p. 727
105. E. Cohen, *Jacobus Henricus van 't Hoff*, p. 274

VII. Hendrik Willem Bakhuis Roozeboom (1854-1907)

Inleiding

'Eerst omstreeks 1880 is de Scheikunde begonnen een exacte wetenschap te worden, evenals de Natuurkunde dat reeds een halve eeuw geleden was. En tussen 1880 en 1900 ligt het voornaamste besloten, dat de Chemie die algeheele transformatie deed ondergaan', aldus J.J. van Laar in 1905.[1.] Die vooruitgang in de chemie is vooral te danken aan het gebruik van de vrije energie (H. von Helmholtz) en de thermodynamische potentiaal (J.W. Gibbs). Maar het werk van Gibbs vond niet gemakkelijk ingang, vooral door het wiskundig apparaat waar ze gebruik van maakt. Van der Waals was de eerste die er, omstreeks 1885, de grote waarde van inzag en zijn leerlingen bekend begon te maken met de hoofdinhoud ervan. Iets later deed Max Planck (1858-1947) dat in Duitsland en Pierre Duhem (1861-1916) in Frankrijk. In 1892 publiceerde Wilhelm Ostwald een Duitse vertaling van het werk van Gibbs, maar deze werd alleen gekocht, niet gelezen.[2.] 'In ons land waren het wellicht een vijftal geleerden, in Duitschland een tweetal, in Frankrijk zeker niet meer, en dan misschien nog een of twee elders in de wereld - dat was alles. Eerst in den allerlaatsten tijd zijn daar enkele leerlingen van een tweetal Nederlandsche Universiteiten bijgekomen, en zijn er tekenen merkbaar, dat de thermodynamische potentiaal eindelijk meer algemeen als werkmethode zal gebruikt worden'.[3.] De oorzaak is 'de veelal onvoldoende mathematische kennis van den gewonen chemicus'.

Een deel van de thermodynamica van Gibbs, het kwalitatieve deel, is de fasenleer. Een onderdeel daarvan is de fasenregel die door Bakhuis Roozeboom vanaf 1885 is gebruikt voor de beschrijving van een systeem van twee stoffen.

Leven

Hendrik Willem Bakhuis Roozeboom werd op 24 oktober 1854 in Alkmaar geboren als enig kind van de boekhouder Jan Hendrik Bakhuis Roozeboom en Maria Rensen.[4.] Van 1868-1872 bezocht hij de hogere burgerschool, waar hij in augustus 1872 slaagde voor het eindexamen. Bakhuis Roozeboom bereidde zich nu voor op het admissie-examen voor de universiteit. Naast de studie in Latijn en Grieks bekwaamde hij zich tevens onder leiding van de directeur van de hogere burgerschool, de scheikundige J.D. Boeke verder in de praktische en theoretische scheikunde. Boeke's zwager was J.M. van Bemmelen, toen directeur van de hogere burgerschool in Arnhem, die zich bezig hield met voor de regering een uitvoerig scheikundig onder-

zoek te verrichten van grondmonsters uit de drooggelegde Y-polders. Boeke vestigde de aandacht van Van Bemmelen op zijn veelbelovende leerling die in juli en augustus 1873 naar Arnhem ging om Van Bemmelen met zijn chemische analyses te helpen.

In 1874 legde Bakhuis Roozeboom het admissie-examen met goed gevolg af, maar hij had geen middelen om in Leiden scheikunde te gaan studeren. Hij trad in dienst van het onderzoekslaboratorium voor levensmiddelen van dr. J.Th. Mouton in Den Haag en kwam wat later in dienst van diens chemische fabriek tot deze in 1878 als gevolg van een brand werd opgeheven. Van Bemmelen, toen hoogleraar in Leiden, aan wie in augustus 1878 een college-assistent was toegekend, benoemde Bakhuis Roozeboom en gaf hem alle mogelijkheid om zijn studie scheikunde te volbrengen. Op 4 februari 1881 legde hij het kandidaatsexamen af. Naast zijn assistentschap (tot 1889) was Bakhuis Roozeboom van 1881-1896 leraar aan de gemeentelijke hogere burgerschool voor meisjes in Leiden. Op 1 mei 1882 legde hij het doctoraalexamen af en promoveerde op 7 juni 1884 bij Van Bemmelen. Van 1889-1893 was Bakhuis Roozeboom privaatdocent en in 1893 volgde zijn benoeming tot lector in de fysische chemie. In 1896 volgde hij Van 't Hoff in Amsterdam als hoogleraar op, maar reeds op 8 februari 1907, slechts 53 jaar oud, overleed hij. (Afb. XXVI)

Het levenswerk van Bakhuis Roozeboom was de fasenleer, waarvan hij naast Gibbs als grondlegger moet worden beschouwd. Op 27 april 1896 hield hij zijn inaugurele oratie: *De wetenschappelijke beoefening der chemie en hare uitkomsten*. Hierin memoreert hij dat de fysische chemie de laatste tien jaar ‘twee jongste loten’ heeft voortgebracht: de theorie van de verdunde oplossingen en de fasenregel van Gibbs. ‘Met dezen naam worden aangeduid een stel gevolgtrekkingen van zeer algemeenen aard, afgeleid uit de tweede wet der energieleer en dienende om, zonder eenige kennis van het spel der moleculen, algemeene voorwaarden aan te geven voor het evenwicht tusschen de meest uiteenloopende toestanden der stof of van de stoffen, die samen in wisselwerking treden’.[5.] De fasenleer ‘bleek het bestek te bevatten van een reusachtig gebouw, waarin al de verschijnselen van evenwicht eene plaats konden vinden in overzichtelijk verband’. Op de benedenverdieping werden de evenwichten tussen de verschillende toestanden van een enkele stof gerangschikt. Op de tweede verdieping kregen de evenwichten in stelsels van twee stoffen een plaats. De derde verdieping moet de evenwichten in stelsels van drie stoffen bevatten. ‘Haar bouwtrant is boven alle beschrijving ingewikkeld; de verscheidenheid der groepeeringen bijna onafzienbaar groot’.[6.] Met deze ternaire stelsels hield Bakhuis Roozeboom zich vooral in Amsterdam bezig. ‘Middelerwijl heeft een enkele waaghals het beproefd reeds een stuk muur voor de vierde verdieping op te trekken, hoewel de binten der derde nog niet gelegd waren. En daarboven kunnen wij voortgaan tot in het oneindige, want het aantal samenvoegingen van stoffen is onbeperkt. Het gevaar voor duizelig worden is wel is waar groot, en de moeite om het materiaal naar boven te brengen neemt steeds toe, - maar de prikkel tot voortbouwen laat ons niet met rust; want hoe hooger wij komen, hoe schooner het vergezicht wordt, en het bestek is aanwezig dat ons leiden moet’.

Bakhuis Roozeboom was een diep gelovig mens die zijn gehele leven vrijmoedig getuigenis aflegde van zijn geloof en dat in een tijd dat natuurwetenschappen en christelijk geloof in onverzoenlijke tegenstelling leken te staan. Hij was een van de oprichters van de Christelijke Vereeniging van Natuur- en Geneeskundigen in



XXVI. Hendrik Willem Bakhuis Roozeboom (1854-1907).

Nederland (1895). Zijn overtuiging komt goed uit in zijn Amsterdamse oratie van 1896 en in een rede, *De tegenwoordige stand van de problemen der chemie*, die hij op 8 januari 1904 als rector-magnificus heeft uitgesproken.[7]

Bakhuis Roozebooms Leidse periode

Na een onderzoek over de dissociatie van tertiair butylbromide (1881) wierp Bakhuis Roozeboom zich op de systematische studie van een aantal hydraten van gassen, het onderwerp van zijn proefschrift: *Over de hydraten van zwaveligzuur, chloor, broom en chloorwaterstof*. Het proefschrift telde slechts twintig bladzijden. Voor 'verdere bizonderheden, de beschrijving der proefnemingen, de afbeelding der toestellen en

de grafische voorstelling der uitkomsten' verwees hij naar het *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*.[8.] Systematisch onderzocht hij de bij verschillende temperaturen en drukken mogelijke aggregatietoestanden.

Waarom onderzocht Bakhuis Roozeboom gashydraten (vaste stoffen die zich bij verhitting in vloeistof en gas splitsen), een groep verbindingen die in de scheikunde weinig betekenis hadden? In de jaren 1863-1865 had de Franse chemicus Henri Étienne Sainte-Claire Deville (1818-1881) onderzoekingen over de dissociatie van gassen en dampen uitgevoerd.[9.] Zijn leerling Henri Jules Debray (1826-1888) had in 1867 de ontleding van een vaste stof in een andere vaste stof onderzocht. Bij calciumcarbonaat bleek bij een bepaalde temperatuur de druk van het gas onafhankelijk te zijn van de hoeveelheid stof die ontleed was. Gustav Wiedemann (1826-1899) vond dit gelijktijdig en onafhankelijk van Debray bij een onderzoek over de waterdampspanning van zouten met kristalwater.

Zo'n constante druk bleek alleen op te treden als er naast gas twee vaste stoffen aanwezig waren. Wat zou er gebeuren met een stof die wel dissocieert, maar waarbij geen vaste stof gevormd wordt? Ferdinand Isambert (1836-1910) onderzocht hiertoe het chloorhydraat waarbij bleek dat ook hier een constante dampspanning ontstond die alleen een functie was van de temperatuur. Er werd echter niet gewezen op het feit dat er een oplossing van chloor in water ontstond. Het inzicht in het essentiële van het verschijnsel van de constante spanning ontbrak. Dit probleem werd opgelost door Bakhuis Roozeboom. Franse onderzoekers hadden de hydraten van CO_2, H_2S en PH_3 bestudeerd en ook daar een dissociatiespanning aangetoond. Om deze onderzoekingen aan te vullen, begon Bakhuis Roozeboom een nauwkeurige studie van de bestaansvoorwaarden en vorming van de hydraten van SO_2, HCl en Cl_2 en herhaalde hij de proeven van Isambert. Het ging hem daarbij om meer dan alleen een bepaling van de samenstelling. Hij wilde systematisch de bij verschillende temperaturen en drukken mogelijke aggregatietoestanden onderzoeken.

Een onduidelijkheid in de dissociatiekromme van het chloorwaterstofhydraat leidde Bakhuis Roozeboom direct na zijn promotie tot de studie van het systeem HBr-H_2O, waarbij hij ontdekte dat het kristallijne dihydraat in evenwicht kan zijn met twee verschillende oplossingen.[10.] In een verhandeling van 14 februari 1885 kon Bakhuis Roozeboom de verschillende kromme lijnen (later tripellijnen genoemd) met hun discontinuïteitspunten (later quadrupelpunten geheten) grafisch voorstellen.[11.] Het woord fase vinden we voor het eerst in een artikel uit eind 1886[12.] en vanaf dan worden de pT-lijnen beschouwd als aangevende de evenwichten tussen n componenten in (n + 1) coëxisterende fasen.

Toen Van Bemmelen de eerste experimentele resultaten van Bakhuis Roozeboom over de evenwichten en het verloop van de driefasen-lijnen in het stelsel HBr-H_2O aan de Akademie van Wetenschappen mededeelde (op 27 december 1884 en 28 februari 1885) wekten deze direct de belangstelling van de Amsterdamse hoogleraar in de natuurkunde Johannes Diderik van der Waals die zich met soortgelijke problemen bezig hield. De door Bakhuis Rooozeboom gevonden dissociatiekrommen, de daarop optredende discontinuïteiten en vooral de merkwaardige loop van deze dissociatielijnen bij het broomwaterstofhydraat, waren voor Van der Waals aanleiding de thermodynamische betrekkingen af te leiden, die voor de evenwichten van chemische verbindingen naast vloeistoffen en gassen, welke daaruit door verandering van

aggregratietoestand kunnen ontstaan, geldig zijn. Op 28 februari 1885 deelde hij aan de Akademie een thermodynamische interpretatie mee van de evenwichtstoestanden die in een heterogeen systeem van twee componenten kunnen ontstaan. De door hem afgeleide formule - steunend op het werk van Gibbs - kwam met het verloop van de helling dp/dT uit de experimenten van Bakhuis Roozeboom fraai overeen.[13.] Op een samenkomst in Leiden - gehouden tussen 19 december 1885 en 25 september 1886 (een nauwkeuriger datum is niet bekend) -, welke ook door Lorentz, Kamerlingh Onnes en Van Bemmelen werd bijgewoond, vestigde Van der Waals Bakhuis Roozebooms aandacht op een theoretische verhandeling van Gibbs waarin de fasenregel werd afgeleid.

In de *Transactions of the Connecticut Academy* van 1876 had de Amerikaanse hoogleraar in de mathematische fysica aan Yale College, New Haven, Josiah Willard Gibbs (1839-1903) de voor de fysische chemie belangrijke fasenregel afgeleid.[14.] Voor heterogene chemische evenwichten is het aantal vrijheidsgraden van een systeem (f) twee groter dan het aantal componenten (n), verminderd met het aantal fasen (r):

$$f = 2 + n - r.$$

De vrijheidsgraden zijn het aantal variabelen (druk, temperatuur, concentraties) dat vrij gekozen kan worden om de toestand van een systeem volledig te beschrijven. Componenten zijn het kleinste aantal onafhankelijke bestanddelen dat nodig is om het gehele systeem op te bouwen en fasen zijn de homogene toestanden in het systeem, die door bepaalde scheidingsvlakken van elkaar zijn gescheiden.

De formulering van de fasenregel was verborgen in een uiterst abstract mathematisch betoog. Het verband dat ze legt tussen het aantal vrijheidsgraden, het aantal componenten en het aantal met elkaar in evenwicht verkerende fasen zou spoedig een belangrijk theoretisch hulpmiddel worden in de opkomende nieuwe discipline van de fysische chemie. Wilhelm Ostwald behandelde de regel kort in zijn invloedrijke *Lehrbuch der allgemeinen Chemie* van 1887 en in 1892 publiceerde hij een Duitse vertaling van een groot deel van Gibbs's verhandelingen. Het was echter Bakhuis Roozeboom die de fasenregel systematisch zou toepassen op heterogene chemische evenwichten. Hij bestudeerde direct de weinig toegankelijke publikaties van Gibbs en gebruikte sindsdien de fasenregel voortdurend als leidraad bij zijn onderzoekingen. Eind 1887 publiceerde hij een stelselmatig overzicht van de verschillende vormen van heterogeen chemisch evenwicht.[15.]

In Leiden werkte Bakhuis Roozeboom de fasenleer theoretisch en experimenteel verder uit.[16.] Behalve de gashydraten werden nu ook stelsels met twee componenten onderzocht die van groot belang waren voor de kennis van de zouthydraten. Bakhuis Roozeboom werd hierbij geassisteerd door Willem Stortenbeker (1862-1916), privaatdocent in de elektrochemie in Leiden (1896) en vanaf 1898 leraar aan de Hogere Krijgsschool in Den Haag[17.], die op 11 juli 1888 promoveerde op het proefschrift: *De verbindingen van chloor met jodium*.[18.] Stortenbeker vond dat het joodmonochloride in twee modificaties kon voorkomen. Bakhuis Roozeboom onderzocht zelf de stelsels $CaCl_2$-H_2O (1889) en $FeCl_3$-H_2O (1892), waarbij verschillende nieuwe hydraten werden ontdekt.

In 1887 vatte Bakhuis Roozeboom met het astrakaniet het onderzoek van de ternaire stelsels aan.[19.] Hij bepaalde de loop van de quadrupellijnen en de plaats van het quintupelpunt. Vervolgens onderzocht hij met Schreinemakers het ternaire stelsel PbI_2-KI-H_2O (1892), gevolgd door het $FeCl_3$-HCl-H_2O (1894). Franciscus Antonius Hubertus Schreinemakers (1864-1945)[20.] was na een onderwijzersloopbaan naar Leiden gegaan waar hij verschillende MO-akten behaalde. In 1890 werd hij leraar aan de kweekschool voor onderwijzers en onderwijzeressen in Leiden en wat later ook aan de school van het genootschap Mathesis Scientiarum Genetrix. In zijn vrije tijd werkte hij op het universiteitslaboratorium aan onderwerpen uit de fasenleer. Na het vertrek van Bakhuis Roozeboom naar Amsterdam volgde hij deze als lector op. In 1898 werd hem op voorstel van Bakhuis Roozeboom het doctoraat honoris causa van de Leidse Universiteit verleend en in 1901 volgde zijn benoeming tot hoogleraar in de anorganische en fysische chemie als opvolger van Van Bemmelen.

Intussen had Abraham Cornelis van Rijk van Alkemade (geb. 1859), leraar aan de hogere burgerschool in Apeldoorn, op aansporing van Lorentz een grafische behandeling van evenwichten van oplossingen met vaste fasen voor twee of drie componenten ontwikkeld.[21.] Hij had daaruit enkele nieuwe evenwichtstoestanden als theoretisch mogelijk gevonden. Van Rijk van Alkemade had bij zijn voorstelling de thermodynamische potentiaal bij constante druk en temperatuur ingevoerd en het Bakhuis Roozeboom en diens medewerkers mogelijk gemaakt een duidelijk overzicht te geven van de dikwijls gecompliceerde evenwichten in binaire en ternaire stelsels. De grafische voorstelling werd met succes toegepast op het gecompliceerde stelsel $FeCl_3$-H_2O met als derde component HCl. In 1894 was dit grote onderzoek gereed en was een algemene voorstelling verkregen van alle evenwichten die mogelijk zijn tussen $FeCl_3$, HCl en H_2O, vanaf de temperatuur waarbij het $HCl.3H_2O$ vast wordt tot aan de temperatuur waarbij $FeCl_3$ zich in de oplossing begint te ontleden en waarbij een hogere druk dan een atmosfeer nodig was.[22.]

In Leiden deed Bakhuis Roozeboom ook zijn eerste onderzoekingen over mengkristallen, waarover hij in 1891 een theoretische verhandeling publiceerde die de grondslag zou worden van het experimentele onderzoek van mengkristallen dat hij in Amsterdam zou uitvoeren.[23.] In Leiden onderzocht hij de isomorfe zoutparen kalium- en thalliumchloraat en daarna ammoniumchloride en ijzerchloride.

Bakhuis Roozebooms Amsterdamse onderzoekingen

Direct na zijn komst in Amsterdam in 1896 zette Bakhuis Roozeboom zijn onderzoekingen van de binaire systemen, waarin mengkristallen voorkomen, voort. Op 24 september 1898 gaf hij zijn fasentheoretische behandeling van de ‘stol- en overgangspunten bij mengkristallen van twee stoffen’ in een voordracht voor de afdeling natuurkunde van de Akademie van Wetenschappen.[24.] Hij deed dit onafhankelijk van de Italiaanse chemicus Giuseppe Bruni, die eenzelfde fasentheoretische behandeling mededeelde op de zittingen van de Romeinse Accademia dei Lincei op 4 september en 18 december 1898.

Bakhuis Roozeboom merkte op dat, hoewel mengkristallen al lang bekend waren, het evenwicht tussen mengkristallen en de oplossingen waaruit zij zich vormen, als-

mede de omzetting van mengkristallen in vaste toestand theoretisch nog verre van opgehelderd was. Praktische onderzoekingen over isomorfie waren tussen de jaren 1889 en 1896 verricht door Jan Willem Retgers (1856-1896), een mijningenieur die om gezondheidsredenen in 1887 teruggekeerd was uit Indië waar hij werkzaam was. Hij promoveerde daarna bij Wilhelm Ostwald in Leipzig en leefde als privégeleerde geïsoleerd in Den Haag.[25.] Zijn onderzoekingen over isomorfie en isodimorfie waren voor Bakhuis Roozeboom aanleiding de fasenleer toe te passen op de mengkristallen. Hij realiseerde zich dat Van 't Hoffs theorie van de vaste oplossingen alleen geldig is voor ‘zeer verdunde vaste oplossingen’. Van 't Hoff had zich beperkt tot de invloed van kleine hoeveelheden van een stof op het smeltpunt van een andere stof. Bakhuis Roozeboom onderzocht gevallen van evenwicht welke zich kunnen voordoen tussen de smelt en de mengkristallen. Hij onderzocht systematisch het evenwicht tussen vloeibare mengsels van twee stoffen en hun mengkristallen. Hij wist alle theoretisch te verwachten verschijnselen in vijf typen van smeltlijnen onder te brengen.

Bakhuis Roozeboom gaf zijn promovendi opdracht de theorie aan de hand van goed gekozen voorbeelden te bevestigen. Voor het geval dat de beide componenten een continue reeks van mengkristallen vormen, kan het stolpunt van alle mengsels tussen die van de zuivere componenten liggen of de continue stolpuntslijn bezit een maximum of een minimum. Johannes Hermanus Adriani vond in 1900 het tweede type voor stelsels van de optische antipoden d- en l-carvoxime ($C_{10}H_{14}NOH$); Willem Reinders in 1899 het derde type voor de mengkristallen van kwik(II)jodide en kwik(II)bromide. Ook is het mogelijk dat de beide componenten geen continue reeks van mengkristallen vormen. De stolpuntslijn bezit dan òf een knik bij de overgangstemperatuur die tussen de smeltpunten van de beide componenten in is gelegen, òf ze vertoont twee dalende takken die elkaar in een minimum ontmoeten waar beneden alle smelt stolt tot een conglomeraat van mengkristallen met twee verschillende vormen. Het eerste geval werd door David Jacobus Hissink in 1899 gevonden voor de stelsels natriumnitraat - kaliumnitraat en natriumnitraat - zilvernitraat en het tweede geval door Cornelis van Eyk jr. in 1898 voor het stelsel kaliumnitraat - thalliumnitraat. Later werden de stelsels ammoniumnitraat - thalliumnitraat (Albert Johan Boks, 1902), natriumsulfaat - natriummolybdaat - natriumwolframaat (Hendrik Enno Boeke, 1906) en zilvernitraat - zilverjodide (Nicolaas Hermanus Hogervorst, 1906) onderzocht, terwijl Hendrik Coenraad Bijl (1901), Willem Jacob van Heteren (1902) en Antoon Stoffel (1903) de amalgamen en alliages voor hun rekening namen. Toen de vloeibare kristallen bekend werden, zette Bakhuis Roozeboom zijn promovendus Arnold Cornelis de Kock (1903) en later mej. Ada Prins, die in 1908 bij Smits zou promoveren op het proefschrift *Vloeiende mengkristallen bij binaire stelsels*, direct aan het werk om aan te tonen hoe ook deze kristallen in zijn leer van de mengkristallen passen. Behalve de mengkristallen liet Bakhuis Roozeboom ook tautomere (of algemener pseudo-systemen) onderzoeken. De Baltische Rus Reinhard Hollmann (1877-1921) kwam vanuit Dorpat naar Amsterdam waar hij het systeem aceetaldehyde-paraldehyde onderzocht (1903). Met deze systematische onderzoekingen van Bakhuis Roozeboom en zijn promovendi en leerlingen kregen de vaste oplossingen van Van 't Hoff hun definitieve plaats in de fasenleer. (Tabel IV)

Tabel IV
Amsterdamse promovendi van Bakhuis Roozeboom

1897	*E.C.J. Mohr* (geb. 1873), Salmiac- en ijzerchloride (8 juli)
1898	*C. van Eyk, jr.* (1870-1940), Mengkristallen van kaliumnitraat en thalliumnitraat (6 december)
1899	*W. Reinders* (1874-1951), Mengkristallen van kwikiodid en kwikbromid (21 september) *D.J. Hissink* (1874-1956), Mengkristallen van natriumnitraat en kaliumnitraat en van natriumnitraat en zilvernitraat (11 oktober)
1900	*J.H. Adriani* (1874-1948), Stelsels van optische antipoden (31 januari) *H.B. Holsboer* (geb. 1875), Over oploswarmten in het algemeen, die van $CdSO_4.8/3H_2O$ in het bijzonder (18 december)
1901	*E. van de Stadt, Kzn* (geb. 1870), Barnsteenzuuranhydride en phtaalzuur-anhydride in hun gedrag tegenover water (21 juni) *H.C. Bijl* (geb. 1870), De cadmium-amalgamen en hun electromotorisch gedrag (25 juni) *W.E. Ringer, jr.* (1874-1953), Over mengsels van zwavel en seleen (3 juli)
1902	*A.J. Boks* (geb. 1871), Mengkristallen van ammoniumnitraat en thalliumnitraat (16 april) *W.J. van Heteren* (1877-1961), Onderzoekingen over tinamalgamen (9 december)
1903	*A.C. de Kock* (geb. 1876), Over vorming en omzetting van vloeiende mengkristallen (18 maart) *A. Stoffel* (geb. 1876), Onderzoekingen over binaire en ternaire alliages van tin, bismuth, cadmium en lood (17 december)

1904	*A.H.W. Aten* (1877-1950), Onderzoekingen over het stelsel van zwavel en chloor (17 maart) *P.C.E. Meerum Terwogt* (geb. 1875), Onderzoekingen over het stelsel bromium en jodium (22 november)
1905	*H.J. van Wijk* (geb. 1880), Onderzoekingen over het stelsel overchloorzuur en water (22 maart) *E.H. Büchner* (1880-1967), Gedeeltelijke mengbaarheid van vloeistoffen bij stelsels van koolzuur en eene tweede stof (15 juni) *C. van Rossem* (geb. 1879). Invloed van langzame dissociatie op phasenevenwichten (1 december)
1906	*H.E. Boeke* (1881-1918), De mengkristallen bij natrium-sulfaat, -molybdaat en - wolframaat (24 april) *N.H. Hogervorst* (geb. 1874), Onderzoekingen over het stelsel zilvernitraat en zilverjodide (11 juli) *G.H. Leopold* (1879-1931), Driephasenlijnen met minimumdruk bij chloralaethylalcoholaat en zoutzuuraniline (26 september)
1907	*E.A.F. Schoevers* (geb. 1881), Tautomerie-verschijnselen bij phasenevenwichten der benzaldoximen en hunne zoutzuurverbindingen (17 januari) *B.G. Eggink* (geb. 1881), De smeltlijnen van bismuth-chloor en bismuth-broom (12 december; promotor A.F. Holleman)
1908	*H.R. Kruyt* (1882-1959), De dynamische allotropie der zwavel (25 juni; promotor E. Cohen in Utrecht) *A. Prins* (geb. 1879), Vloeiende mengkristallen bij binaire mengsels (10 juli; promotor A. Smits)
1909	*F.E.C. Scheffer* (1883-1954), Heterogene evenwichten bij dissocieerende verbindingen (12 mei; promotor Smits)

In Amsterdam construeerde Bakhuis Roozeboom zijn houten ruimtemodel (1896), eerst voor de eenvoudige gevallen van binaire stelsels, waarin alle mogelijke fasenevenwichten overzichtelijk in hun afhankelijkheid van druk, temperatuur en concentratie zijn af te lezen en welke voor het onderwijs didaktisch van grote betekenis was.

Bakhuis Roozeboom had grote verwachtingen van het belang dat de fasenleer voor de technische chemie en geologie zou kunnen hebben. Zelf deed hij een uitvoerige theoretische studie over het ingewikkelde systeem ijzer - koolstof, waarin talrijke vaste fasen voorkomen.[26.] In 1894 vatte Bakhuis Roozeboom het plan op de fasenleer in zijn toepassingen op chemische evenwichten in boekvorm samen te vatten, hetgeen resulteerde in het klassiek geworden: *Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre*. ‘Das vorliegende Buch will ein Gesamtbild vom jetzigen Stande unserer Kenntnisse über die Gleichgewichte in heterogenen Systemen bilden. Es bietet dieses vom Standpunkte der Phasenlehre von Willard Gibbs, die ich im Jahre 1887 zum ersten Male für eine Skizze der Klassifikation der chemischen und physikalischen Gleichgewichte als Leitfaden benutzte’.[27.] Het eerste deel (‘Die Phasenlehre - Systeme aus einer Komponente’) verscheen in 1901. Het eerste gedeelte van het tweede deel, met systemen van twee componenten, waarbij als vaste fase slechts de componenten zelf optreden en slechts één vloeistoffase mogelijk is, werd in 1904 gepubliceerd. Het behandelde systemen met twee componenten met slechts één vloeistoffase. Bij het overlijden van Bakhuis Roozeboom was het materiaal voor de volgende delen grotendeels gereed. Het tweede gedeelte van het tweede deel, dat over systemen van componenten handelt, waarbij als vaste fase slechts de componenten zelf optreden en slechts één vloeistoffase mogelijk is, werd door Büchner voltooid en verscheen in 1918. Het derde gedeelte van het tweede deel (over pseudobinaire systemen) werd door Aten geschreven en verscheen eveneens in 1918. Het derde deel met de ternaire systemen als onderwerp, verscheen in twee gedeelten, beiden door Schreinemakers verzorgd. Ze hadden respectievelijk systemen met slechts één vloeistof zonder mengkristallen en zonder damp (1911) en systemen met twee en meer vloeistoffen zonder mengkristalen en zonder damp (1913) tot onderwerp.

De invloed van Bakhuis Roozeboom

Bakhuis Roozeboom was de grondlegger van de fasenleer in ons land. Hij vormde een school van chemici die in hun onderzoek gebruik maakten van de fasenleer en dit onderdeel van de fysische scheikunde aan de Nederlandse instellingen van hoger onderwijs introduceerden: Schreinemakers in Leiden en Stortenbeker aan de Hogere Krijgsschool in Den Haag. Van zijn Amsterdamse leerlingen werd Adriaan Hendrik Willem Aten lector (1907), buitengewoon (1919) en gewoon (1948) hoogleraar in Amsterdam, Willem Reinders hoogleraar in Delft (1909), Hugo Rudolph Kruyt lector (1912), buitengewoon (1916) en gewoon (1921) hoogleraar in Utrecht, Frans Eppo Cornelis Scheffer hoogleraar in Delft (1917) en Ernst Hendrik Buchner lector (1919) en gewoon hoogleraar (1946) in Amsterdam. Andreas Smits (1870-1948), die na zijn studie in Utrecht en promotie in Giessen (1896) als eerste scheikundige van de Amsterdamse gasfabrieken van 1898 tot 1901 de colleges van Van der Waals en Bakhuis Roozeboom volgde, werd privaatdocent in de technische (1901) en fysische (1903) chemie

en lector in de technische chemie (1904) in Amsterdam en na een kort hoogleraarschap in Delft (1906) de opvolger van Bakhuis Roozeboom (1907).[28.] Tenslotte J.J. van Laar, die - zoals we in het vorige hoofdstuk hebben gezien - zijn gehele leven in woord en geschrift de thermodynamica van Gibbs en de toepassing van de fasenregel verdedigde.

De ontvangst van de fasenleer van Bakhuis Roozeboom verliep langzaam, waarvoor twee oorzaken zijn aan te wijzen. De fasenleer is een onderdeel van de thermodynamica en daardoor minder aanschouwelijk en meer abstract dan vele scheikundigen lief was. Voorts viel de ontwikkeling van de fasenleer precies samen met de theorie van de verdunde oplossingen van Van 't Hoff en de theorie van de elektrolytische dissociatie van Arrhenius, die alle aandacht tot zich trokken en - gebaseerd op een moleculair-kinetische grondslag - meer direct tot de chemici spraken. Omdat Bakhuis Roozeboom niet de microstructuur van de door hem onderzochte systemen in beschouwing nam, waren zijn opvattingen beperkter dan die van Van 't Hoff en kwam hij in feite niet verder dan binnen de grenzen van een thermodynamisch fenomenologische beschrijving.

Als onderdeel van de fasenleer behoort de studie van de verschijnselen van de allotropie en polytropie. Na het klassieke onderzoek van Van 't Hoff en Reicher over de omzetting van rhombische in monokliene zwavel (1883) werden tal van overgangspunten bepaald. Uitvoerig werd de allotropie bestudeerd door twee Amsterdamse medewerkers van Bakhuis Roozenboom: Cohen en Smits, die zich vooral bezighield met pseudobinaire systemen (systemen met één component die in verschillende isomere of polymere vormen voorkomen).

Ernst Julius Cohen (1869-1945), die op 8 november 1893 bij Van 't Hoff was gepromoveerd op het proefschrift: *Het bepalen van overgangspunten langs electrischen weg en de electromotorische kracht bij scheikundige omzetting*, was privaatdocent in electrochemie, chemische dynamica en statica onder Bakhuis Roozeboom en gaf in 1896 een bewerking van Van 't Hoffs *Études de dynamique chimique* uit als: *Studien zur chemischen Dynamik*, waarin de resultaten van Van 't Hoffs Amsterdamse onderzoekingen waren verwerkt. Cohen hield zich in deze jaren vooral bezig met onderzoekingen over overgangselementen, de allotropie van het tin en de scheikunde van het fotografisch proces.[29.] Op 15 oktober 1901 werd Cohen tot buitengewoon hoogleraar in de fysische chemie in Amsterdam benoemd; het jaar erop werd hij gewoon hoogleraar in de algemene (fysische) en anorganische chemie in Utrecht, waar hij een nieuw laboratorium kreeg dat naar zijn leermeester werd genoemd. Op 16 mei 1904 werd het Van 't Hofflaboratorium geopend.

Cohens wetenschappelijke belangstelling was vooral gericht op de fysische isomerie. Daarnaast hield hij zich bezig met elektromotorische onderzoekingen, dikwijls in nauw verband tot zijn studies over de fysische isomerie, maar ook ten behoeve van zijn onderzoekingen over de normaalelementen. Vanaf 1909 hield hij zich ook bezig met piëzochemische onderzoekingen.

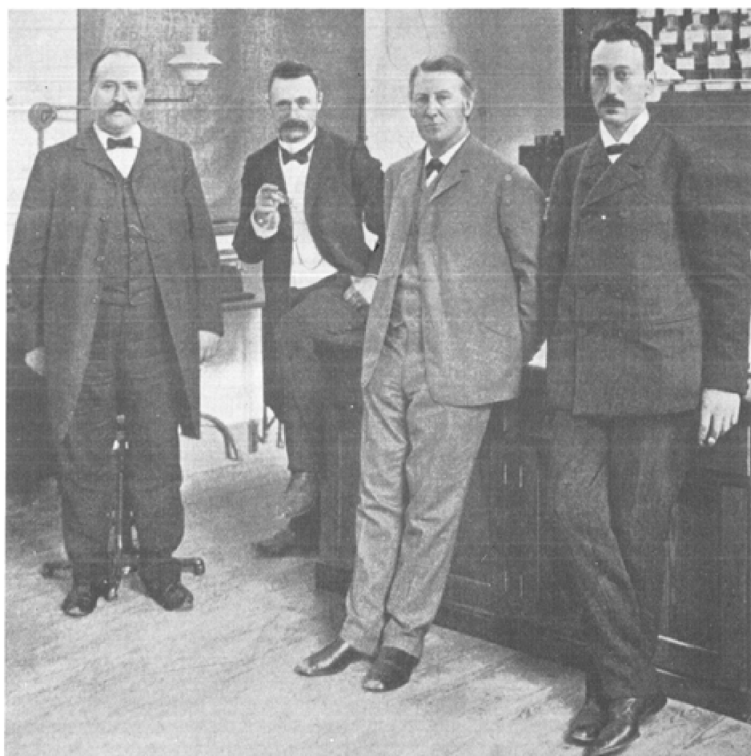
Cohen is vooral bekend door zijn onderzoekingen over allotropie, waar hij zijn gehele leven aan heeft gewijd. Het verschijnsel dat zuiver tin in een grijs poeder uiteen kan vallen als het aan extreme koude wordt blootgesteld, was in het begin van de vorige eeuw bekend aan Russische tinhandelaren. De oorzaak van het verschijnsel was echter onbekend. Bakhuis Roozeboom liet zijn gepromoveerde medewerker Cornelis

van Eyk een onderzoek beginnen naar de omzetting van tin. Het lukte Van Eyk niet de overgang van wit naar grauw tin te bepalen. Cohen zette het onderzoek met Van Eyk voort en na de benoeming van de laatste als leraar aan de Koninklijke Militaire Akademie in Breda ging Cohen er alleen mee verder. Voor de bepaling van het overgangspunt van het witte in het grauwe tin maakte hij gebruik van de in zijn proefschrift ontwikkelde uiterst gevoelige elektrische meetmethode. Op 24 juni 1899 deelde Bakhuis Roozeboom het eerste resultaat van de onderzoekingen mee op de zitting van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, tot 28 december 1901 gevolgd door nog zes verdere mededelingen. Het fraaie Amsterdamse onderzoek over ‘de enantiotropie van het tin’ was het uitgangspunt van Cohens verder levenswerk. Het onderzoek was niet alleen van belang voor de fysische chemie, maar ook voor de techniek. De voorgeschiedenis van het tin bleek voor de omzetting van groot belang te zijn. Tin dat al een paar maal een omzetting had ondergaan, bleek gemakkelijker en sneller te worden omgezet. Dat de gehele tinwereld metastabiel is, terwijl het verschijnsel dat Cohen de ‘tinpest’ noemde, vrij zelden voorkomt, was te verklaren door de vertraging die bij deze omzetting plaats heeft. Tijdens Cohens onderzoekingen bleek overigens dat tinpest, de vorming van wratten en puisten op het metaal, veel meer in industrie en musea voorkwam dan men zich tot dan toe bewust was geweest.

Cohens rede *Allotropieën*, uitgesproken bij de inwijding van het Van 't Hofflaboratorium op 16 mei 1904, bevat het onderzoeksprogramma dat hij in Utrecht wilde uitvoeren: allotropie, elektrochemie en piëzochemie. (Afb. XXVII) Het allotropie-onderzoek, dat zowel theoretisch als technisch zou worden uitgevoerd, leidde Cohen al tot de uitspraak dat met hetgeen tot dan toe bekend was ‘het mij niet gewaagd [schijnt] de onderstelling uit te spreken, dat zoo niet alle, dan toch de meeste elementen in allotropische toestanden kunnen voorkomen’.[30.] Een wat voorbarige conclusie, want behalve het onderzoek aan tin had Cohen alleen gepubliceerd over ‘de vermeende identiteit van rood en geel kwikoxyde’ (1899) en was hij begonnen met een onderzoek naar het zogenoemde explosieve antimoon, waarbij hij met Willem Eduard Ringer, Eduard Collins en Theodorus Strengers ontdekte dat hier sprake was van allotropie (1904). In tegenstelling tot de reversibele omzetting van de twee tinmodificaties (monotropie), is het antimoon een voorbeeld van een niet-omkeerbare allotropie (enantiotropie).

Toen Cohen zijn onderzoekingen over tin begon, was het verschijnsel van de allotropie (of polymorfie) van een chemisch element weliswaar algemeen bekend, maar het werd als iets exceptioneels beschouwd en niet als een gewone eigenschap van de elementen. De opheldering die Cohen bij tin had verkregen, leidde tot een systematische studie van de zeer verwarde literatuur die er over het verschijnsel allotropie bestond. Een deel ervan bleek toegeschreven te moeten worden aan het gebruik van onzuivere chemicaliën, waartegen Cohen bij zijn eigen experimenten met grote zorg waakte. De resultaten van Cohens onderzoekingen werden in een groot aantal artikelen en dissertaties vastgelegd.

Van 't Hoff had systemen, waarin alleen vaste en vloeibare fasen voorkomen, gecondenseerde systemen genoemd en de term overgangspunt ingevoerd als de enige temperatuur waarbij twee systemen in evenwicht kunnen zijn, terwijl er boven alleen het ene, er onder alleen het andere kan bestaan. Bakhuis Roozeboom corrigeerde deze



XXVII. Svante Arthenius, Pieter van Romburgh, Van 't Hoff en Ernst Cohen bij de opening van het nieuwe Van 't Hofflaboratorium (16 mei 1904).

definitie door de toevoeging: bij constante temperatuur. Dan geldt het begrip ook voor evenwichten zoals die van calciumcarbonaat of van chloorhydraat, waarbij wel een gasfase voorkomt. Dat wil zeggen dat Van 't Hoffs gecondenseerde systemen bijzondere gevallen zijn in het algemene kader van de fasenleer, welke thans niet meer beschouwd wordt als een zelfstandige wetenschap. De resultaten van het levenswerk van Bakhuis Roozeboom en van diens voornaamste leerling Schreinemakers zijn het algemene eigendom geworden van de chemische wetenschap.

Eindnoten:

1. J.J. van Laar, 'Over den Gibbs'schen phasenregel', *De Beweging* 1905, pp. 207-232 en separaat (Amsterdam, 1907), p. 4
2. J.W. Gibbs, *Thermodynamische Studien* (Leipig, 1892)
3. J.J. van Laar, 'Over den Gibbs'schen phasenregel', p. 6
4. Over Bakhuis Roozeboom: J.J. van Laar, *Chemisch Weekblad* 4(1907)79-81; A.F. Holleman, *idem* 4(1907)119-132; J.M. van Bemmelen, W.P. Jorissen en W.E. Ringer, *Berichte der Deutschen Chemischen Geselschaft* 4(1907)5141-5174; H.R. Kruyt, J.L. Meyering, D.J. Hissink en J. Olie jr., *Chemisch Weekblad* 50(1954)749-761; E.H. Buchner, *idem* 51(1955)401-405
5. H.W. Bakhuis Roozeboom, *De wetenschappelijke beoefening der chemie en hare uitkomsten* (Leiden, 1896), p. 17
6. H.W. Bakhuis Roozeboom, *idem*, p. 18
7. R. Hooykaas, 'Hendrik Willem Bakhuis Roozeboom (1854-1907). Grondlegger der phasenleer', *Geloof en wetenschap* 53(1955)68-77. Vgl.: I. Vogels, 'De inaugurele rede van Prof. Bakhuis

Roozeboom', *Studien op godsdienstig, wetenschappelijk en letterkundig gebied*. Nieuwe Reeks 29(1896)93-106

8. H.H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Sur l'hydrate de l'acide sulfureux', *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* 3(1884)29-58; 'Sur l'hydrate de chlore', *idem* 59-72; 'Sur l'hydrate de brome', *idem* 73-83; 'Sur l'hydrate du gaz chlorhydrique', *idem* 84-104
9. In ons land was het vooral Hendrik Willem Schroeder van der Kolk (1836-1867) die een poging deed de wetten van de mechanische warmteleer toe te passen op de scheikunde en daartoe de invloed onderzocht van de warmte op de vorming en ontleding van chemische verbindingen (1864-1867). Zie: H.A.M. Snelders, *Scientiarum Historia* 13(1971)185-197
10. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Solubilité de l'acide bromhydrique à des températures et sous des pressions différentes', *Recueil* 4(1885)102-124; 'Dissociation de l'hydrate $HBr2H_2O$', *idem* 331-346
11. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Sur la dissociation des hydrates de l'acide sulfureux, du chlore et du brome', *Recueil* 4(1885)65-73
12. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Sur les conditions de l'équilibre de deux corps dans les trois états, solides [,] liquides et gazeux, d'après M.v.d. Waals', *Recueil* 5(1886)335-350
13. J.D. van der Waals, 'Influence de la température sur la richesse en gaz d'une solution et sur l'équilibre entre des solutions gazeuses et des hydrates solides', *Recueil* 4(1885)135-138. Vgl.: F.E.C. Scheffer, 'Over de beteekenis van het werk van van der Waals voor de chemie', *Chemisch Weekblad* 20(1923)222-225
14. J.W. Gibbs, 'On the equilibrium of heterogeneous substances', *Transactions of the Connecticut Academy* 3 (oktober 1873 - mei 1876) 108-248 en (mei 1877 - juli 1878) 343-524. Ook in: *The scientific papers of J. Willard Gibbs* (New York, 1906), deel I, pp. 54-353 (96 e.v.). Vgl.: L.P. Wheeler, *Josiah Willard Gibbs. The History of a great mind* (New Haven, 1952). Het Chemisch Weekblad wijdde in 1926 een geheel nummer aan 'Een halve eeuw phasenleer' (*Chemisch Weekblad* 23(1926)405-428)
15. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Sur les différentes formes de l'équilibre chimique héterogène', *Recueil* 6(1887)262-303
16. J.M. van Bemmelen, 'Het leven en de werken van Bakhuis Roozeboom in zijnen Leidschen tijd', *Chemisch Weekblad* 4(1907)249-285
17. J.J.E. Enklaar, 'Willem Stortenbeker. In memoriam', *Chemisch Weekblad* 13(1916)116-1136; F.M. Jaeger, 'Willem Stortenbeker (1862-1916)', *Recueil* 36(1916)329-345
18. De dissertatie was in het Frans geschreven en al gepubliceerd in het *Recueil* 7(1888)152-205 als 'Les combinaisons du chlore avec l'iode'.
19. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Sur l'astrakanite et les sels doubles hydratés en général', *Receuil* 6(1887)333-355. Enige maanden eerder had Van 't Hoff het overgangspunt van het astrakaniet bepaald. (J.H. van 't Hoff, 'Le point de transition et le point de fusion', *Recueil* 6(1887)36-42)
20. Over Schreinemakers, zie: W.P. Jorissen, *Chemisch Weekblad* 20(1923)370-373; F.A. Freeth, *idem* 23(1926)425-426; W.C. de Baat, *idem* 23(1926)426-427 en W.P. Jorissen, *Jaarboek der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 1945-1946, 209-214
21. A.C. van Rijn van Alkemade, 'Toepassingen der theorie van Gibbs op evenwichtstoestanden van zoutoplossingen met vaste phasen [1892]', *Verhandelingen van de eerste sectie van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 1(1893), no.5, pp. 1-65; 'Graphische Behandlung einiger thermodynamischen Probleme über Gleichgewichtszustände von Salzlösungen mit festen Phasen', *Zeitschrift für physikalische Chemie* 11(1893)289-327
22. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Die Gleichgewichte von Lösungen zweier oder dreier Bestandteile mit festen Phasen: Komponenten, binäre und ternäre Verbindungen, in ihrem Zusammenhang dargestellt', *Zeitschrift für physikalische Chemie* 12(1893)359-389; 'Graphische Darstellung der heterogenen Systeme aus ein bis vier Stoffen, mit Einschluss der chemischen Umsetzung', *idem* 15(1894)145-158; [met Schreinemakers], 'Gleichgewichte zwischen flüssigen und festen Phasen im System: Wasser, Chlorwasserstoff, Eisenchlorid', *idem* 15(1894)588-637
23. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Über die Löslichkeit von Mischkrystallen, speziell zweier isomorpher Körper', *Zeitschrift für physikalische Chemie* 8(1891)504-530
24. H.W. Bakhuis Roozeboom, *Verslag van de gewone vergadering der wis- en natuurkundige afdeeling der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 7(1899)134-136. Uitvoeriger in: 'Erstarrungspunkte der Mischkrystalle zweier Stoffe', *Zeitschrift für physikalische Chemie* 30(1899)385-412
25. W. Stortenbeker, 'La vie et les travaux de Jean-Guillaume Retgers', *Recueil* 17(1898)102-127
26. H.W. Bakhuis Roozeboom, 'Eisen und Stahl vom Standpunkte der Phasenlehre', *Zeitschrift für physikalische Chemie* 34(1900)436-487
27. H.W. Bakhuis Roozeboom, *Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre* (Braunschweig, 1901). Erstes Heft, p. VII
28. Over Smits, zie *Chemisch Weekblad* 3(1906)582-583; 28(1931)554-566 en 45(1949)149-151
29. Over Cohen, zie de verschillende herdenkingsartikelen in *Chemisch Weekblad* 15(1918)1404-1470; 24(1927)474-493; 36(1939)515-522 en 41(1945)126-129
30. E. Cohen, *Allotropieën* (Utrecht, 1904), p. 24

VIII. De chemische industrie in de negentiende eeuw

Inleiding

Over de chemische industrie in ons land in de negentiende eeuw is tot nog toe betrekkelijk weinig systematisch onderzoek gedaan.[1.] De wetenschapshistoricus Johannes MacLean (1923-1982) heeft hiertoe een aantal archieven ontsloten en recent is een belangrijke aanzet tot de geschiedschrijving van de chemische industrie in ons land gegeven door Ernst van Homburg.[2.]

In het begin van de negentiende eeuw was de chemische industrie in Nederland van vrij geringe betekenis. Er waren blauwselfabrieken, loodwitfabrieken, loodwitmolens, zwavel- en salpeterraffinaderijen, vermiljoenstokerijen en buskruitfabrieken. Het waren kleine fabrieken, gedreven door apothekers die zich speciaal toelegden op de fabricage van chemische produkten. Theodorus Petrus Schonk (1736-1812) en diens opvolger Anthoni d'Ailly (1766-1825) zijn hiervan goede voorbeelden.[3.] Schonk vestigde in 1756 een apotheek in Amsterdam. In 1776 verplaatste hij die naar de Schans aan het Karthuizer Bolwerk, ten westen van de Zaagmolenpoort, waar in de tuin van zijn woning een chemische werkplaats met een gemetseld fornuis en een stookplaats werd opgetrokken. Hier bereidde hij in het groot zijn chemicaliën. Zijn leerling d'Ailly, die in 1790 apothekersexamen had gedaan, volgde hem in 1799 op. In ons land ontstonden tal van dergelijke plaatselijke groothandelaren, die uiteindelijk tegen het einde van de vorige eeuw door fusie in Brocades en Stheeman en d'Ailly en Zonen werden opgenomen.

In de eerste helft van de negentiende eeuw waren landbouw en handel veel belangrijker dan de chemische nijverheid.[4.] Het waren vooral landbouwprodukten die een onmisbare grondstof vormden voor de chemische industrie: meekrap voor de kleurstofindustrie; oliën en vetten voor de zeepfabricage, kaarsen en later margarine en afval van de slachterijen voor beenderenmeel (kunstmeststof) en beenderenzwart (suikerraffinage). Nog in 1842 klaagde de Leidse hoogleraar in de chemische technologie Anthony Hendrik van der Boon Mesch, dat men in ons land geen oog had voor de buitenlandse vorderingen van de natuurwetenschappen op de chemische industrie.[5.] Weliswaar werd hier al lang vermiljoen, sublimaat, menie, loodwit, amberzout, fijne oliën, zuren enz. vervaardigd en waren de meeste fabrieken in Amsterdam en Rotterdam gevestigd[6.], maar de fabrikanten begrepen niets van de grondbeginselen van de scheikunde. Dit was overigens al een halve eeuw daarvoor geconstateerd. In 1791 had de Groningse hoogleraar Petrus Driessen zijn *Natuur- en scheikundige waarnemingen over eenige gewigtige onderwerpen der geneeskunde en oeconomie in ons vaderland, ingerigt ter bevordering en uitbreiding van landbouw*,

konsten en fabrijken, en ter meerdere bloei der artzenijmengkunde uitgegeven. 'Zyne lofwaardige pogingen om dus de Scheikunde van algemener nut te doen zyn, in ons Vaderland, verdienen zekerlyk alle aanmoediging', aldus de anonieme recensent in de *Algemeene Konst- en Letter-Bode*. Maar, vervolgt hij: 'Wij twyffelen intusschen, of de voorslagen van den Hoogleeraar wel zo dra enigen ingang by onze Fabrikanten zullen vinden. Immers het grootste gedeelte van dezulken die enige Chemische producten in ons land bereiden, verstaat niet alleen niets van de grondbeginzelen der Scheikunde, en werkt slegts geheel werktuigelijk naar de Voorschriften harer voorgangeren, maar is ook, even als de Landlieden, geheel vreemd van het invoeren van enige nieuwigheid, of van het volmaken harer Fabrieken, door zich met enigen Scheikundigen daar over te onderhouden, of by deze enig licht te zoeken. De meesten houden zelfs hunne bereidingen zeer geheim, zo wel om het algemeen belang aan hun eigen voordeel op te offeren, als om des te veiliger de schadelyke vervalschingen hunner Fabriek-waren te kunnen in 't werk stellen'.[7.] De fabrikanten bleven voorlopig gebruik maken van oude praktische methoden die ze zelf van hun voorgangers hadden overgenomen. Nieuwe methoden werden niet geïntroduceerd. Dat men op de hoogte had kunnen zijn van de stand van de chemische industrie, blijkt uit de opdracht die koning Lodewijk Napoleon aan de Utrechtse hoogleraar Nicolaas Cornelis de Fremery gaf om het boek van de Franse chemicus Jean Antoine Chaptal, *Chimie appliquée aux arts* (1807), in het Nederlands te vertalen. In 1808 konden onze landgenoten beschikken over de *Grondbeginselen der scheikunde op de kunsten toegepast*.

Een opleiding tot scheikundig technoloog zou er in ons land voorlopig niet zijn. Daarvoor moeten we wachten tot de oprichting van de Polytechnische School in Delft in 1864 met Antoine Corneille Oudemans jr als hoogleraar in de scheikunde en Lodewijk Carel Levoir (1832-1908) als leraar scheikunde en scheikundige technologie.[8.] Wel werd er vanaf 1815 aan de universiteiten scheikundige technologie onderwezen. De regering zag blijkbaar in dat boeren en fabrikanten beter geïnformeerd moesten worden over de vorderingen van de praktische toepassingen van de scheikunde.[9.] In Maastricht werden tussen 1838 en 1843 openbare lessen in de toegepaste scheikunde gegeven door Pieter Leonard Rijke (1812-1899), die sedert 1835 hoogleraar natuurkunde was aan het Koninklijk Athenaeum. De colleges werden gevolgd door studenten van het Athenaeum, officieren van gezondheid en fabrikanten.[10.] Veel succes had dit allemaal niet. Voorlopig bleven de fabrikanten apothekers.

In 1815 richtte de koopman Reijer Hendrik van Someren (1787-1851) in Rotterdam een fabriek van verfstoffen op waar aanvankelijk alleen lakmoes werd vervaardigd.[11.] In 1818 verplaatste hij zijn fabriek naar Kralingen. Vanaf 1820 werd daar ook Berlijns blauw vervaardigd en verder mineraalblauw en blauwsel (1822), chromaatgeel en chromaatgroen (1833), loodwit (1843) en ijzerverf (1844). Loodwit (basisch loodcarbonaat) werd al sinds de achttiende eeuw volgens de zogenoemde 'Oud-Hollandsche methode' gemaakt, waarbij omzetting van lood boven azijn in stenen potten plaatsvond waaromheen paardemest was aangebracht.[12.] Van Someren had echter geen universitaire opleiding genoten. De technologie van de vervaardiging van het Berlijnse blauw had hij in Duitse fabrieken leren kennen. Interessant is dat op verzoek van een loodwitfabrikant de Utrechtse apotheker Cornelis Marinus van

Dijk (1797-1867) in 1829 een *Verhandeling over het loodwit* schreef, waarin hij alles wat hij over de loodwitbereiding te weten kon komen behandelde.

Pas na ongeveer 1870 speelden Delftse technologen en scheikundigen die in Duitsland waren opgeleid een steeds belangrijker rol in de Nederlandse chemische industrie. In 1835 had G.T. Ketjen in Amsterdam een zwavelzuurfabriek opgericht, in 1838 W.A. Scholten in Loenen een aardappelmeelfabriek en in 1858 werd in Gouda een stearinekaarsenfabriek gevestigd, maar pas de periode 1870-1890 laat een grote activiteit zien in de ontwikkeling van de chemische industrie in ons land: de stichting van een sodafabriek in Utrecht (1868), een gistfabriek in Delft (1869), een margarinefabriek in Oss (1871) en een fabriek voor de fabricage van fosfaatmeststoffen in Capelle aan de IJsel (1878). Ze werden spoedig gevolgd door de Amsterdamse Chininefabriek (1885), de Delftse Lijm- en Gelatinefabriek (1885), Heinekens Brouwerijen (1886) en vele anderen. Volgens het *Scheikundig Jaarboekje* bezat ons land in 1899: 31 beetwortelsuikerfabrieken, negen fabrieken van chemische en farmaceutische preparaten, vier glucosefabrieken, twee koolteerfabrieken, vijf kunstmeststoffenfabrieken, een rietsuikerfabriek (in Nederlandsch-Indië), een schietkatoen- en nitroglycerinefabriek, twee sodafabrieken, vier suikerraffinaderijen en twee zwavelzuurfabrieken.[13.] Niet opgenomen waren zoutziederijen, alcoholfabrieken en gasfabrieken die ammoniumsulfaat, geelbloedloogzout, enz. fabriceerden.

Zwavelzuurbereiding

Een van de belangrijkste grondstoffen voor de chemische industrie, het zwavelzuur, werd vóór 1830 (toen Nederland en België één geheel vormden) alleen in Brussel en Gent vervaardigd.[14.] Na de opstand van 1830 verplaatsten vele Belgische textielfabrikanten hun fabrieken naar het Noorden, vooral omdat zij hun markten in de Nederlandse koloniën wilden behouden. De vraag naar zwavelzuur voor de katoendrukkerijen, ververijen en spinnerijen, nam daardoor sterk toe. In 1833 richtte de ‘vitrioolstoker’ Willem Spindel in Amsterdam een zwavelzuurfabriek op. Hij overleed al in november 1835, hetgeen het einde van de fabriek betekende. In 1835 richtte in Utrecht de verfstoffenfabrikant Arnoldus Willem de Visser (1792-1837) een zwavelzuurfabriek op. Visser fabriceerde al beenderzwart en verfstoffen (1833) en salmiak, ammoniumcarbonaat en ammoniak (1834). Ook door zijn vroege overlijden, stopte de zwavelzuurfabricage.

Meer succes had Gerhard Tieleman Ketjen (1792-1865), handelaar in drogerijen en verfwaren, die op 1 april 1835 met de notaris Bruno Tideman (1803-1881) en Jacobus Louis Jarman (1810-1875), die de fabriek zou leiden, een zwavelzuurfabriek in Amsterdam oprichtte. Met een personeelsbezetting van een meesterknecht en zes arbeiders, werd ongeveer 1200 pond 66° Baumé zwavelzuur per dag bereid. In stenen ovens werd zwavel en salpeter verbrand en de verbrandingsprodukten in loden kamers, die water en waterdamp bevatten, geleid. Het verdunde zuur werd in loden uitdamppannen tot 60° Baumé (78%) en vervolgens in platina destilleerketels tot 66° Baumé (96-98%) geconcentreerd. Behalve zwavelzuur werd ook salpeterzuur en zoutzuur gefabriceerd.

Op 6 september 1835 kreeg de firma Ketjen, Jarman en Tideman een vijftienjarig

octrooi op de ‘invoering van zekere wijzigingen of verbeteringen in de toestellen om zwavelzuur te vervaardigen’.[15.] In plaats van een mengsel van zwavel en salpeter te verhitten, werd afzonderlijk gemaakt salpeterzuur pas in de tweede kamer aan het mengsel van zwaveldioxyde, lucht en waterdamp toegevoegd. Tevens werd het grootste deel van het benodigde water als stoom in de kamers geblazen. De opbrengst aan zwavelzuur werd zo 20% hoger.[16.]

In 1863 werd in Uithoorn door Nicolaas Mouthaan (1821-1880), een leerling van Gerrit Jan Mulder, de Chemische Fabriek opgericht. Behalve zwavelzuur (volgens het loden-kamerproces) werd daar ook aluin, soda, bloedloogzout, Berlijns blauw, ijzersulfaat, chloorkalk en ammoniak vervaardigd. In 1891 werd de fabriek overgenomen door Ketjen.

De fabriek van Ketjen bevond zich op een terrein aan de Schans in Amsterdam. De uitdamppannen raakten echter herhaaldelijk lek en er liep zwavelzuur in de rookkanalen. De grote overlast die dit veroorzaakte - grote wolken zwavelzuur verspreiden zich over het Leidseplein en omgeving - noopte in 1880 de fabriek te verplaatsen naar de Overtoom. Door buitenlandse concurrentie gedwongen, werd het zwavelzuur nu gedeeltelijk volgens het contactproces vervaardigd. In 1900 werd de fabriek nogmaals verplaatst, nu naar een terrein in Amsterdam-Noord. Deze fabriek werd geheel volgens het contactproces ingericht.

Zwavelzuur was de spil van de toenmalige chemische industrie. Vooral de ontwikkeling van de kunstmeststoffenindustrie joeg de vraag naar zwavelzuur met sprongen omhoog. Het zuur werd bovendien gebruikt in de garancinefabrieken, bij de fabricage van stearinekaarsen en in de sodafabrieken.

Kleurstoffen

Om de rode kleurstof uit de meekrapwortel te isoleren, werd de poedervormige meekrap in verdund zwavelzuur verwarmd en het residu gewassen, geperst en gedroogd en weer tot poeder gemalen. In 1826 hadden de Franse apothekers Pierre Jean Robiquet (1780-1840) en Jean Jacques Colin (1784-1865) het alizarine uit de meekrap afgescheiden en geïsoleerd. In ons land werd de meekrap verbouwd in Zeeland, Zuid-Holland en West-Brabant.[17.]

De bereiding van de verschillende soorten poeders uit de meekrapwortel vond in ons land reeds vanaf de middeleeuwen plaats in een zogenoemde meestoof. In het begin van de negentiende eeuw wist men in Frankrijk een bereidingswijze te ontwikkelen waarmee een sterker kleurend meekrappreparaat verkregen kon worden, het ‘garancine’ (la garancine = meekrap), dat ongeveer een 3 tot 3 ½ maal sterker kleurende werking bezat dan het gewone meekrappoeder. Door veranderingen op de afzetmarkt, versnelde mechanisering en de opkomst van massaproduktie, kreeg rond 1840 het in grote hoeveelheden in een homogene kwaliteit geproduceerde Franse garancine steeds meer de voorkeur boven het Nederlandse produkt. Met actieve steun van de regering werd in ons land de garancinecultuur bevorderd. In 1846 en 1847 werden in Rotterdam en Zierikzee garancinefabrieken opgericht. Tot 1854 nam dit aantal toe tot elf. De benodigde chemische kennis werd geleverd door Franse ingenieurs, Nederlandse apothekers en in het buitenland als scheikundige opgeleide

landgenoten. Met de snelle toename van het aantal garancinefabrieken nam de vraag naar zwavelzuur sterk toe. In 1853 richtte daarom de firma Wolvekamp & De Bruyn in Rotterdam een zwavelzuurfabriek op.

Garancinefabrieken waren de eerste wat grotere scheikundige bedrijven in ons land. Deze tak van scheikundige nijverheid was in het derde kwart van de vorige eeuw een van de belangrijkste sectoren van de chemische industrie. Omdat de garancinefabrieken een belangrijke afnemer van zwavelzuur waren, gaven ze tevens een sterke impuls aan de chemische industrie als geheel. In 1858-1860 werden nog een zestal garancinefabrieken opgericht en omstreeks 1865 nog een drietal.

Het keerpunt kwam toen in 1868 op het laboratorium van Adolf von Baeyer (1835-1917) in Berlijn diens assistent Carl Graebe (1841-1927) met de student Carl Theodor Liebermann (1842-1914) alizarine synthetisch wisten te bereiden uit anthraceen. Vanaf 1871 kwam het synthetische alizarine op de markt en verdrong in korte tijd het natuurlijke produkt uit de meekrap. Door deze concurrentie staakten de garancinefabrieken in ons land binnen enkele jaren de produktie. Na 1878 was de periode van de succesvolle garancine-industrie in ons land voorbij.

Hoewel ons land altijd groot belang heeft gehad in natuurlijke kleurstoffen (de alizarine uit de meekrap was in de tweede helft van de vorige eeuw een belangrijke kleurstof voor de Turks-rood ververijen[18.]), leidde dat niet tot een kleurstoffenindustrie van enige betekenis. De poging in Utrecht in 1866 om uit koolteer van de gasfabrieken synthetische anilinekleurstoffen te vervaardigden, had geen succes, evenmin als de fabricage van azokleurstoffen die in 1888 in Amersfoort ter hand werd genomen. Alleen de N.V. Nederlandsche Verf- en Chemicaliënfabriek te Delft uit 1897, die het bereiden van indigo-, aniline- en andere verfstoffen tot doel had, was tot de zestiger jaren van onze eeuw de enige redelijk succesvolle kleurstoffenfabriek in ons land.

Omstreeks 1870 werd in ons land de fabricage van verschillende andere organische pigmenten ter hand genomen (chroomverfstoffen en ferrocyanideverfstoffen). Kort voor 1900 begon de Maastrichtse Zinkwitmaatschappij met de produktie van zinkwit en lithopoon.

Lichtgasfabricage

Nadat Jan Pieter Minckelers (1748-1824) uit Maastricht als hoogleraar in Leuven succesvolle proeven had gedaan om door droge destillatie van magere steenkolen op goedkope wijze een gas te bereiden dat geschikt was voor het vullen van luchtballons (1783), maakte hij snel gebruik van de brandbaarheid van dit gas, dat vier maal zo licht was als lucht, voor de verlichting van zijn collegezaal, hoewel hij dit vanaf 1785 slechts éénmaal per jaar deed![19.] In 1809 bereidde de hervormde predikant te Akersloot (bij Alkmaar) Bernardus Koning (1778-1828) eveneens lichtgas uit steenkolen. In 1816 maakte hij een proefinstallatie waarmee hij de tuin en zaal van de Diakonie van het Oude Mannen- en Vrouwenhuis aan de Amstel in Amsterdam verlichtte in aanwezigheid van leden van de Eerste Klasse van het Koninklijk Instituut van Wetenschappen. Koning bereidde een mengsel van steenkolengas en watergas door voortdurend leiden van stoom over de gloeiende steenkolen. Hiermee was de op-

brengst hoger en de zuivering van het gas door kalkwater niet nodig.[20.] Koning hield zich met de bereiding van steenkolengas bezig omdat hij het wilde toepassen voor het drijven van een door hem uitgevonden 'hydrophore' (gasmotor), waartoe hij in 1815 waterstof had gebruikt.

In een *Noodig berigt voor den Nederlander, wegens eene nieuwe verbeterde wijze van kunstverlichting, door middel van vlamvatbaar gas uit steenkolen* (mei 1816), wees Koning erop dat de nevenprodukten van de steenkolengasverlichting zeer waardevol zijn. Cokes is een uitstekende brandstof voor ijzergieterijen, glasblazerijen, kalkbranderijen en steenbakkerijen. Steenkolenteer doodt de paalworm, waardoor het kostbare verkoperen van schepen niet meer nodig is. En uit ammoniakwater is salmiak te bereiden.

In Londen werd al in 1814 steenkolengas als straatverlichting gebruikt. In ons land was Amsterdam de eerste stad waar gasverlichting werd toegepast.[21.] In 1824 werd een oliegasfabriek opgericht ten behoeve van de verlichting van de stadsschouwburg. Tot 1834 gebruikte men in Amsterdam alleen raapoliegas, daarna ook steenkolengas. Rotterdam kreeg in 1825 zijn eerste steenkolengasfabriek. De oudste gemeentelijke gasfabriek stamt uit 1854 en stond in Leiden. In 1881 waren er al 31 gemeentelijke gasfabrieken.

De bijprodukten van de gasfabrieken (gaswater, cokes en teer) leidden omstreeks het midden van de vorige eeuw tot een netwerk van chemische industrieën. Het gaswater bevat ammoniak dat voor de fabricage van de stikstofkunstmeststof ammoniumsulfaat werd gebruikt. In 1852 werd in Amsterdam een ammoniakfabriek opgericht die gaswater van een groot aantal gasfabrieken verzamelde, concentreerde en als 'ammonia-liquida' in de handel bracht. Vanaf 1853 maakte de firma Van der Elst & Matthes te Nieuwer-Amstel daaruit ammoniumsulfaat. Teer werd verwerkt in teerdestilleerderijen (Utrecht, 1858; Amsterdam, 1860) en leverde ondermeer benzeen en anthraceen dat verkocht werd aan de Duitse kleurstofindustrie.

Kunstmeststoffen

Zwavelzuur was ook nodig voor de bereiding van kunstmeststoffen. Aanvankelijk werd chilisalpeter als aanvulling op de natuurlijke mest gebruikt, evenals het guano dat met zwavelzuur in een oplosbare meststof werd omgezet.[22.] Een van de oudste fosfaatkunstmeststoffen was beenderenmeel. Uit beenderen, een afvalprodukt van de veeteelt, werd bovendien beenzwart (voor de raffinage van rietsuiker en na 1860 bietsuiker) en lijm verkregen.

Uit 1859 stamde de meekrap- en garancinefabriek van Maurits Salomonson aan het Kralingse Veer (gemeente Capelle aan de IJssel). In deze grootste garancinefabriek van ons land werkten in 1865 60 arbeiders in de garancine-afdeling en 14 in de meekrapafdeling. Tussen 1876 en 1878 moest Salomonson de garancineproductie wegens de toenemende concurrentie geleidelijk staken en hij schakelde toen over op de produktie van superfosfaat. Hiermee werd hij de eerste superfosfaatproducent in ons land, veertig jaar nadat men in Engeland met de produktie ervan was begonnen.[23.] In 1876 gaf het bedrijf werk aan honderd arbeiders. In 1878 kreeg men toestemming om fosfaten en guano's te verwerken. Zeventien jaar later werd de firma

omgezet in de Centrale Guano Werken. Voor de eigen behoefte aan zwavelzuur werd in 1904 een zwavelzuurfabriek gebouwd. Dat hadden al in 1892 de firma Coenen en Schoenemakers in Uden (in 1882 gesticht) en in 1898 de Internationale Guano- en Superphosphaatwerken in Zwijndrecht (uit 1895) gedaan.

Kaarsenfabricage

Zwavelzuur vond ook toepassing voor de verzeping van dierlijke vetten tot stearinezuur voor de fabricage van stearinekaarsen.[24.] In 1853 werd de Goudse kaarsenfabriek opgericht, spoedig gevolgd door kaarsenfabrieken in Amsterdam (1857 en 1864), Rotterdam (1864) en Schiedam (1870). Rondom de kaarsenfabrieken ontstonden snel talrijke kleinere bedrijven: glycerinefabrieken en vetraffinagebedrijven die weer toeleveringsbedrijven werden van de zeepindustrie en na 1871 van de margarine-industrie. Na de ‘uitvinding’ van de margarine door de Franse scheikundige Hippolyte Mège-Mouriès in 1869, richtte in 1871 de botergroothandelaar Antoon Jurgens (1805-1888) en vier jaar later ook zijn collega Simon van den Bergh (1820-1907), beiden in Oss, een margarinefabriek op.[25.]

Sodabereiding

Zwavelzuur was ook nodig voor de in de tweede helft van de vorige eeuw opgerichte sodafabrieken.[26.] In 1827 begon de Kralingse verfstoffenfabriek van Van Someren met de bereiding van soda volgens het Leblancproces, waarvoor vrijstelling van accijnsen op de invoer van de grondstof keukenzout verleend was, maar pas in 1864 werden nieuwe sodafabrieken in Nieuwer-Amstel, Uithoorn en Utrecht gebouwd of voorbereid. De firma G.W. Smits en A.J. de Wolff in Utrecht vervaardigde de soda eveneens volgens het Leblancproces. Het bijproduct zoutzuur werd gedeeltelijk gebruikt voor de bereiding van chloorkalk. Eind 1864 bedroeg de produktie van kristalsoda en gecalcineerde soda 5000 kilogram per etmaal. In 1865 werkten er in de fabriek 54 arbeiders. Het jaar erop werd behalve soda ook zwavelzuur, salpeterzuur en ijzersulfaat vervaardigd. Maar door de slechte internationale concurrentiepositie - ons land hief geen invoerrechten op de soda-importen, hetgeen België en Duitsland wel deden - verliep de sodaproductie al in 1875. Ook de Amsterdamse Sodafabriek, met ongeveer 80 arbeiders, en de Koninklijke Chemische Fabriek in Uithoorn moesten de produktie van soda omstreeks 1871 stoppen.

Na 1882 werden nieuwe sodafabrieken in Rotterdam, Schiedam, Haarlem en Amsterdam opgericht, die watervrije soda invoerden, in water oplosten en als waterhoudende kristalsoda uitkristalliseerden en op de markt brachten.

Chemische laboratoria

Opvallend is, dat in tegenstelling tot het buitenland er in ons land in de negentiende eeuw lang een kloof bestond tussen wetenschap en praktijk, tussen de wetenschappe-

lijke beoefening van de scheikunde aan universiteit en hogeschool en de toepassing ervan in de industrie. Toen tegen het eind van de vorige eeuw de chemische industrie in ons land sterk begon op te komen, kwam er ook vraag naar chemici voor de aan die fabrieken verbonden chemische laboratoria.[27.] Het aantal chemische studenten was na de oprichting van de hogere burgerscholen in 1863 snel toegenomen, waardoor de vraag naar leraren voor het middelbaar onderwijs snel toenam. Tegelijkertijd zien we dat chemische studenten meer en meer hun emplooi gingen zoeken buiten het onderwijs. De chemische industrie, en daarmee de mogelijkheid om researchchemicus te worden, stond nog in de kinderschoenen. Met de oprichting van een aantal chemische industrieën in de periode 1870-1890 veranderde dat wel, maar emplooi was er in het begin nog weinig. Een van Van 't Hoffs vroegste promovendi Leonhard Conrad Schwab vertrok daarom in 1883 naar Duitsland als chemicus van de Actiengesellschaft Deutsche Solvay-Werke in Bernburg.

Tegen het einde van de negentiende eeuw stichtte een aantal van Van 't Hoffs promovendi particuliere chemische laboratoria, met name in Amsterdam en Rotterdam. In een gesprek met zijn promotor Van 't Hoff vertelde deze aan Gerrit Hondius Boldingh jr. dat Nederlandse jongelieden zich voornamelijk in het buitenland lieten opleiden tot scheikundige voor de suikerindustrie. Hondius Boldingh vatte toen het plan op een laboratorium voor scheikundig onderzoek te stichten. Een medepromovendus Jochem Kornelis van der Heide had in dezelfde tijd het plan opgevat na zijn studie een laboratorium voor scheikundig onderzoek te vestigen. De twee chemici richtten op 1 mei 1893 het ‘Scheikundig Laboratorium Boldingh en Van der Heide’ op, dat gevestigd werd aan de Prinsengracht in Amsterdam. Hier werd jongelieden gelegenheid geboden om zich praktisch in de scheikunde te bekwamen. Het eerste jaar hadden zij vijf leerlingen, die grotendeels door Van 't Hoff waren aangebracht. De toevloed werd spoedig zo groot dat men nieuwe lokalen aan de Herengracht moest betrekken en docenten moest aantrekken. Het laboratorium werd de kiem van de in 1894 opgerichte ‘School voor de suikerindustrie’. Een derde leerling van Van 't Hoff, Willem Frederik Proost, participeerde spoedig in het initiatief. De samenwerking leidde onder andere tot de stichting van een melksuikerfabriek in Uithoorn (1897) en de oprichting van de N.V. Algemene Norit Maatschappij in Amsterdam (1908). In 1897 gaf het ‘Scheikundig laboratorium Boldingh en van der Heide’ ook een cursus voor gasfabrikage.[28.]

Het Amsterdamse laboratorium had als eerste doel het opleiden van scheikundigen die niet aan een universiteit, de Delftse Polytechnische School of in het buitenland wilden studeren. Ook Rotterdam bezat daartoe een mogelijkheid. Johannes Cornelis Vriens, na zijn promotie bij Van 't Hoff leraar aan de hogere burgerschool in Nijmegen, kwam na tien jaar terug in zijn geboortestad Rotterdam. Hier werd hij directeur van een ‘Chemisch Instituut’ aan de Oostzeedijk, een ‘Laboratorium voor Scheikundig, Microscopisch en Bacteriologisch Onderzoek. Onderwijs-Inrichting ten dienste van Handel en Industrie. Suiker- en Gistcursus’, zoals een advertentie in het *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène* vermeldt.[29.]

In 1900 ging Vriens met de technoloog J.J. Pennink een vennootschap aan tot voortzetting van de bestaande firma's ‘Schalkwijk en Pennink’ en ‘Chemisch Instituut van Dr. J.G.C. Vriens’. De nieuwe firmanaam werd ‘Pennink (voorheen Schalkwijk en Pennink) en Dr. Vriens’.[30.] Maar reeds met ingang van 9 november

1901 werd de vennootschap weer ontbonden.[31.] Het ‘Chemisch Instituut’ bleef bestaan[32.], maar Vriens werd spoedig leraar in Rotterdam en vertrok daarna als scheikundige van de plantentuin naar Buitenzorg.[33.] Direkteur van het Rotterdamse ‘Chemisch Instituut’ werd Bonno van Dijken (1866-1910), eveneens een leerling van Van 't Hoff, die in 1895 bij Holleman in Groningen was gepromoveerd. Herminus Johannes van 't Hoff, die in 1885 bij zijn oudere broer was gepromoveerd, was van 1895 tot 1900 verbonden aan de biologische afdeling van het Rotterdamse Instituut.

Dat in die tijd meer chemische laboratoria werden samengevoegd, blijkt uit Amsterdam. In 1900 gingen Engel van de Stadt, Kzn., die in 1901 bij Bakhuis Roozeboom zou promoveren, de apotheker Emile Bernard van Dyck en dr. H.W. Salomonson een vennootschap aan tot voortzetting van de bestaande firma's ‘Wijnhoff en van Gulpen’ en ‘Chemisch Laboratorium van Dr. H.W. Salomonson’, welke gedreven werd onder de naam ‘Wijnhoff en van Gulpen’.[34.]

Tegen het eind van de eeuw nam de vraag naar chemici voor de chemische industrie steeds meer toe. Zo was H.J. van 't Hoff een tijd scheikundige van de verffabriek N.V. Molyn te Rotterdam. Jacob Jan Alexander Wijs, die in 1893 bij Van 't Hoff promoveerde, werd in 1899 chemicus bij de Nederlandsche Oliefabriek te Delft. Deze fabriek was in 1884 opgericht met het doel de Nederlandse margarine-industrie te voorzien van aardnotenolie. Vanaf 1898 heette ze de N.V. Oliefabrieken Calvé.

De N.V. Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek te Delft, in 1870 opgericht door de technoloog Jacobus Cornelis van Marken (1843-1916), verbond in 1885 Martinus Willem Beyerinck (1851-1931) als researchchemicus aan het laboratorium. Al voor zijn promotie in Leiden (1877) was Beyerinck in 1876 benoemd tot leraar aan de Landbouwschool in Wageningen op een jaarsalaris van ƒ 1800. - Van Marken bood hem een salaris van ƒ 4500. - en beloofde hem een nieuw laboratorium. In 1895 werd Beyerinck benoemd tot hoogleraar in de bacteriologie aan de Polytechnische School.[35.] Zijn opvolger als researchchemicus aan de Gist- en Spiritusfabriek werd Hendrik Pieter Barendrecht, die zijn dissertatie onder Van 't Hoff had bewerkt en in 1896 bij Gunning promoveerde.

Opvallend is dat Barendrecht de gelegenheid kreeg zijn proefschrift grotendeels te bewerken op het laboratorium van de Gist- en Spiritusfabriek. Dat was ook het geval met Hendrik Paulus Wijsman jr., die in 1899 bij Hugo de Vries tot doctor in de plant- en dierkunde en bij Van 't Hoff tot doctor in de scheikunde promoveerde. Hij was al sinds 1888 in dienst van de Gist- en Spiritusfabriek. In 1891 werd hij benoemd tot hoogleraar in de artsenijbereidkunde en toxicologie te Leiden.

Onder de chemische fabriekslaboratoria uit het einde van de negentiende eeuw behoort ook het Koninklijk Shell Laboratorium, dat van oktober tot december 1895 in Delft was gevestigd, daarna tot 1902 in Den Haag en tot 1914 in Rotterdam.

Eindnoten:

1. ‘Eenige algemeene beschouwingen over de chemische industrie van Nederland’, *Chemisch Weekblad* 25(1928)377-480, in het bijzonder W. Graadt van Roggen, ‘Overzicht van de chemische industrie, georganiseerd in de Vereeniging van de Nederlandsche Chemische Industrie’ (pag. 397-432). Zie verder: ‘De historische ontwikkeling van de Chemische Industrie in Nederland’, *Chemisch Weekblad* 49(1953)594-609 en H. Koopmans, ‘Over de historie van de chemische industrie in Nederland’, *idem* 54(1958)481-488

2. E. Homburg, ‘De Gouden Eeuw van de Nederlandse Chemische Industrie’, *Chemisch Magazine* 1989, 311-314; ‘De moeizame weg van extractie naar synthese’, *idem* 1989, 444-446 en 508-510; ‘De overgang naar een moderne chemische industrie’, *idem* 1989, 741-743 en 1990, 31-34
3. D.A. Wittop Koning, *N.V. Koninklijke Pharmaceutische Fabrieken v/h Brocades-Stheeman & Pharmacia 1800-1950* (Haarlem, 1950)
4. J. MacLean, ‘De relatie tussen de natuurwetenschappen, de technologie en de industrialisatie in de Nederlanden 1800-1850’, *De Ingenieur* no. 30/31 (1980) 19-24; A.J.W. Camijn, *Een eeuw vol bedrijvigheid. De industrialisatie van Nederland, 1814-1914* (Utrecht, Antwerpen, 1987)
5. A.H. van der Boon Mesch, ‘Over het Nederlandsche fabrijkwezen en de middelen, om hetzelve te bevorderen en in bloei te doen toenemen’, *Tijdschrift voor Nijverheid* 7(1843)527-608
6. *Nieuwe Algemeene Konst- en Letter-Bode* 4(1795)92-96
7. *Algemeene Konst- en Letter-Bode* 7(1791)36
8. *Gedenkschrift van de Koninklijke Akademie en van de Polytechnische School 1842-1905 samengesteld ter gelegenheid van de oprichting der Technische Hoogeschool* (Delft, 1906) 49-50, 267-278
9. J. MacLean, ‘Het handels- en nijverheidsonderwijs van 1800 tot 1850’, *Kleio* 18(1977)3-30
10. J. MacLean, ‘Pieter Leonard Rijke (1812-1899), promotor van het onderwijs in de chemische technologie te Maastricht (1838-1844)’, *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 2(1979)79-82
11. J. MacLean, ‘Reijer Hendrik van Someren (1787-1851), promotor van de Nederlandse scheikundige technologie’, *Rotterdams Jaarboekje* 1977, 190-208
12. J. MacLean, ‘Loodwitfabrieken in de negentiende eeuw’, *Rotterdams Jaarboekje* 1979, 233-252
13. *Scheikundig Jaarboekje* 1(1899)159-163
14. J. MacLean, ‘Zwavelzuurfabrieken in de periode 1815-1850’, *Nederlandse Chemische Industrie* 1976, 410-415
15. G. Doorman, *Het Nederlandsch Octrooiwezen en de Techniek der 19e eeuw* ('s-Gravenhage, 1947) 189
16. *Honderd Jaar zwavelzuur-fabricatie; fa. G.T. Ketjen & Co. Mij. voor zwavelzuurbereiding 1835-1935* (Amsterdam, 1935)
17. C. Wiskerke, ‘De geschiedenis van het meekrapbedrijf in Nederland’, *Economisch-Historisch Jaarboek* 25(1952)1-144; J. MacLean, ‘Opkomst, bloei en verval der garancine-fabrieken 1847-1875’, *Zeeuws Tijdschrift* 1978, 127-132; J.W. Schot, ‘De meekrapnijverheid: de ontwikkeling van de techniek als een proces van variatie en selectie’, *Jaarboek voor de geschiedenis van bedrijf en techniek* 3(1986)43-62; J.W. Schot, ‘De geschiedenis van het meekrapbedrijf in de 19e eeuw, opnieuw bezien in het licht van het industrialisatiedebat’, *Economisch- en sociaal-historisch Jaarboek* 50(1987)77-110; E. Homburg en J.W. Schot, ‘Innnoverend ondernemerschap in het midden van de 19e eeuw: een onderzoek naar de oprichters van de Nederlandse garancine-industrie’, *Jaarboek voor de geschiedenis van bedrijf en techniek* 5(1988)86-101
18. A.M.C. Lemmens en G.P.J. Verbong, ‘Natuurlijke en synthetische kleurstoffenproductie in Nederland in de negentiende eeuw’, *Jaarboek voor de geschiedenis van bedrijf en techniek* 1(1984)256-275; G.P.J. Verbong, *Technische innovaties in de katoendrukkerij en - ververij in Nederland 1835-1920* (Amsterdam, 1988)
19. P.A.Th.M. Jaspers en J. Roegiers, ‘Le “Mémoire sur l'air inflammable” de Jean-Pierre Minckelers (1748-1824). Édition critique d'après les manuscrits et l'édition originale de 1784’, *Lias* 10(1983)217-252; J.C.M. van der Horn van den Bos, ‘Een en ander over de geschiedenis der lichtgasfabrikage’, *Chemisch Weekblad* 15(1919)29-38
20. W.P. Jorissen, ‘Een mengsel van lichtgas en watergas ter verlichting toegepast in 1816’, *Chemisch Weekblad* 9(1912)420-423 en ‘Bernardus Koning's uitvindingen’, *idem* 9(1912)548-551; A. Stolp, ‘Het levenswerk van de uitvinder Ds. Bernardus Koning, zijn gaslicht- en zijn gasmotor-experimenten (1778-1828)’, *Economisch- en sociaal-historisch Jaarboek* 43(1980)64-104
21. J. MacLean, *Geschiedenis der gasverlichting in Nederland 1809-1850* (Zutphen, 1977)
22. H.A.M. Snelders, ‘Landbouw en scheikunde in Nederland in de vóór-Wageningse periode (1800-1876)’, *A.A.G. Bijdragen* 24(1984)59-104
23. [E. Bloembergen], *Vijf en zeventig jaar superfosfaat. Gedenkboek ter gelegenheid van het vijfenzeventigjarig bestaan van het superfosfaatbedrijf in Nederland* (Utrecht, 1953)
24. J. MacLean, ‘Ook de kaarsenmaker had milieuproblemen’, *Nederlandse Chemische Industrie* 18(1976)526-533
25. *100 jaar margarine 1869-1969*. Onder redactie van J.H. van Stuijvenberg ('s-Gravenhage, 1969)
26. J. MacLean, ‘Sodafabrieken in de 19e eeuw’, *Chemisch Magazine*, mei 1982, 287-289
27. H.A.M. Snelders, ‘Chemische laboratoria in de negentiende eeuw’, *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 9(1986)204-215; *Werkplaatsen van wetenschap en techniek. Industriële en academische laboratoria in Nederland, 1860-1940*. Onder redaktie van R.P.W. Visser en C. Hakfoort (Amsterdam, 1987).
28. *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène* 1(1897-1898)20

29. *Tijdschrift* 1(1897-1898)20
30. *Tijdschrift* 4(1900-1901)42
31. *Tijdschrift* 5(1901-1902)91
32. *Tijdschrift* 5(1901-1902)297
33. *Tijdschrift* 6(1902-1903)28
34. *Tijdschrift* 4(1900-1901)42
35. G. van Iterson jr., L.E. den Dooren de Jong en A.J. Kluyver, *Martinus Willem Beyerinck. His life and work* (Den Haag, 1940) 18, 21

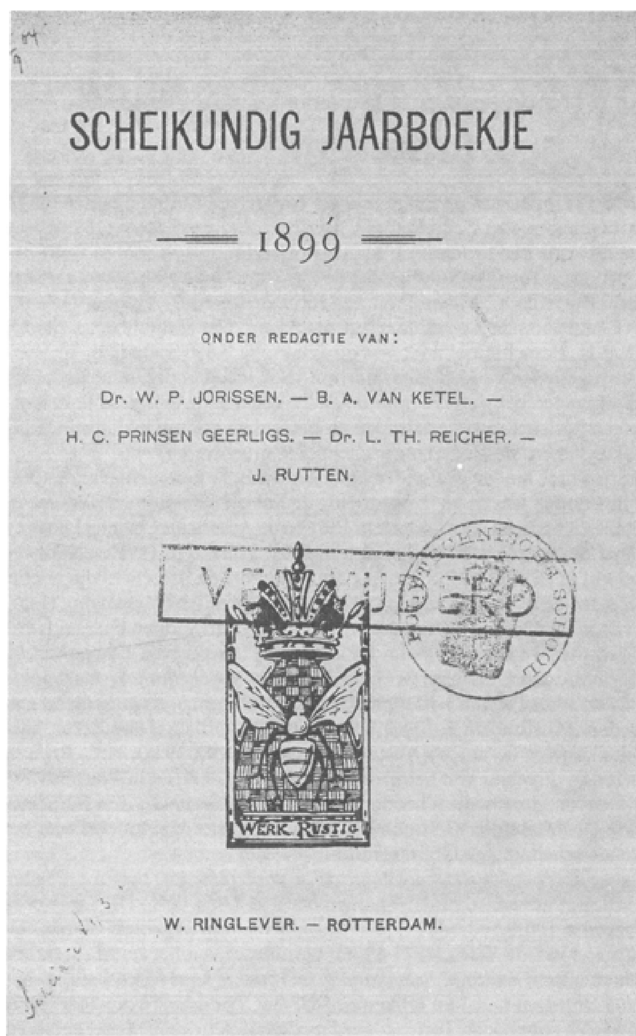
IX. De oprichting van de Nederlandse chemische vereniging (1903)

In de winter 1896-1897 maakten de jonge chemici Jorissen en Rutten plannen om te komen tot een Vereniging van Nederlandse Chemici. Johannes Rutten (1873-1946) had in 1896 het diploma van technoloog aan de Polytechnische School in Delft behaald en was benoemd tot scheikundige bij de Centrale Guanofabrieken aan het Kralingse Veer in Rotterdam. Willem Paulinus Jorissen was op 21 oktober 1896 bij H.W. Bakhuis Roozeboom in Amsterdam gepromoveerd. Het assistentschap dat hij in Leiden bij A.F.N. Franchimont had, was op 16 oktober 1896 beëindigd. Jorissen was toen in dienst getreden van het laboratorium voor scheikundig, microscopisch en bacteriologisch onderzoek van dr. Bonno van Dijken aan de Oostzeedijk in Rotterdam. Rutten en Jorissen werden vrienden en bespraken op hun avondwandelingen de mogelijkheden om de Nederlandse chemici te organiseren.[1.]

In de ons omringende landen bestonden al lang chemische verenigingen: de Chemical Society in Londen was in 1841 opgericht, de Société Chimique de France in 1857, de Deutsche Chemische Gesellschaft in 1867 en de American Chemical Society in 1876. Denemarken volgde in 1879, Zweden in 1883, Finland in 1891 en Noorwegen in 1893, terwijl in Brussel in 1887 de Société Chimique de Belge was opgericht.

Om met succes tot de stichting van een Nederlandse Chemische Vereniging te komen, was het allereerst nodig te weten te komen of er op een voldoend aantal leden gerekend kon worden. In navolging van het sinds 1882 uitgegeven *Geneeskundig Jaarboekje voor Nederland*, besloten de beide vrienden een *Scheikundig Jaarboekje* uit te geven dat een adreslijst van Nederlandse chemici in binnen- en buitenland zou bevatten. De redactie bestond uit Jorissen, Rutten, de Amsterdamse apotheker, bacterioloog en scheikundige Bernardus Adrianus van Ketel (1862-1928), H.C. Prinsen Geerligs (geb. 1864), directeur van het proefstation voor suikerriet in West-Java te Kagok (Tegal) en dr. Lodewijk Theodorus Reicher (1857-1943), scheikundigebotanicus bij de Gemeentelijke Gezondheidsdienst in Amsterdam en chef van het daarbij behorende scheikundige laboratorium.

Eind 1898 verscheen het *Scheikundig Jaarboekje voor 1899* dat, behalve tabellen en mededelingen, een adreslijst van 650 namen bevatte. (Afb. XXVIII) De tweede jaargang verscheen in 1901; de derde in 1902. De redactie werd uitgebreid met dr. Albert Jacques Joseph van de Velde (1871-1956), bestuurder van het stadslaboratorium te Gent. De titel werd daarom: *Scheikundig Jaarboekje voor Nederland, België en Nederl. Indië*. Intussen had Van Dijken in 1897 het *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène* opgericht. Jorissen werd mederedacteur en medewerkers werden Reicher en Herminus Johannes van 't Hoff. Dit tijdschrift zou een voorname rol spelen bij de oprichting van de Nederlandse Chemische Vereniging.



SCHEIKUNDIG JAARBOEKJE

1899

ONDER REDACTIE VAN:

Dr. W. P. JORISSEN. — B. A. VAN KETEL. —
H. C. PRINSEN GEERLIGS. — Dr. L. TH. REICHER. —
J. RUTTEN.

WERK RUSTIG

W. RINGLEVER. – ROTTERDAM.

XXVIII. Titelblad van de eerste jaargang van het Scheikundig Jaarboekje *(1899).*

Rutten had inmiddels Rotterdam verlaten. Hij vertrok begin augustus 1898 naar Amsterdam waar hij benoemd was tot scheikundige van de gemeentelijke gasfabrieken. In 1900 verruilde hij deze functie voor die van chemicus bij de gasfabrieken in Den Haag. Ook Jorissen zou niet lang in de Maasstad blijven. In september 1900 werd hij leraar scheikunde en analytische meetkunde aan het Koninklijk Instituut voor de Marine in Willemsoord (Den Helder) en in 1902 tevens privaatdocent voor technische en fysische scheikunde aan de Leidse universiteit. De discussie over de oprichting van 'eene nederlandsche chemische vereeniging' werd toen vooral gevoerd via de bladzijden van het *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène*. In mei 1902 pleitte Van de Velde voor het oprichten van een 'verbond voor de belangen der toegepaste scheikunde en hygiène'.[2.] Rutten, toen ingenieur aan de gemeentelijke gasfabriek in Den Haag, antwoordde in een brief aan de redactie van 5 juni 1902 dat er voor hygiënisten al een 'congres voor de openbare gezondheidsregeling' bestond, maar dat nog niet voorzien was in de 'behartiging der belangen van de toegepaste scheikunde'.[3.] 'Reeds bij de oprichting van het Scheikundig Jaarboekje werd door eenige der Redactieleden de wenschelijkheid geuit om tot de oprichting van een Nederlandsche Chemische Vereeniging over te gaan'. Nu ook van Belgische zijde hierop werd aangedrongen, vond hij het aanbeveling verdienen plannen te maken voor de oprichting van een vereniging van Nederlandse en Belgische scheikundigen. 'Door de samenwerking van Nederland en België zou de Vereeniging, zooals ik die mij voorstel, zeer zeker krachtiger worden'.

De discussie raakte nu in een stroomversnelling. Op 14 juni 1902 wees Van de Velde op de reeds vijftien jaar bestaande *Association belge de chimistes* met twee à driehonderd leden. Hij vond het 'van hoog belang te komen tot een geregelde bijeenkomst van scheikundigen, geneesheren, nijveraars, handelaars, enz. waardoor wetenschappelijke kennis in ruime kringen kan verkregen worden'.[4.]

In het augustusnummer van het *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène* pleitte Alexander Vosmaer (1866-1944), directeur van een elektrotechnisch laboratorium in Haarlem en directeur van de 'Ozon-Maatschappij systeem A. Vosmaer te Amsterdam', voor een gezamenlijke aansluiting van technologen en scheikundigen als vakafdeling van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.[5.] De Utrechtse chemisch kandidaat F.L. van Maanen, later leraar aan de Nederlandse School van Handel en Nijverheid te Enschede, stelde als doel van de te stichten vereniging niet alleen het houden van wetenschappelijke vergaderingen, maar ook het bevorderen van scheikundige kennis onder leken en het tegengaan van de stiefmoederlijke bedeling van het scheikundeonderwijs op gymnasia en andere inrichtingen van onderwijs.[6.] Rutten tenslotte omschreef de taak van een te stichten Nederlandse Chemische Vereniging[7.]: het samenbrengen van alle Nederlandse scheikundigen, het op geregelde tijden houden van vergaderingen, het uitgeven van een tijdschrift, de stichting van een adviesbureau en van plaatselijke chemische gezelschappen, de behartiging van de belangen van de leden, het afsluiten van een collectieve verzekering tegen beroepsongevallen en het onderzoeken in hoeverre een samenwerking met België en onze koloniën mogelijk is.

Eind 1902 publiceerden Jorissen, Reicher en Rutten de 'grondbeginselen [...] volgens welke naar onze meening de Nederlandsche Chemische Vereeniging kan worden opgebouwd'.[8.] Deze uiteenzetting was vooraf toegezonden aan alle hoogleraren



De oprichters van de Nederlandsche Chemische Vereeniging: van links naar rechts Dr. W.P. Jorissen, Dr. L.Th. Reicher en Ir. J. Rutten.

in de scheikunde en farmacie aan de Nederlandse universiteiten en de Polytechnische School die vrijwel allemaal positief reageerden.[9.] Op 15 april 1903 werd op een vergadering in het Zuidhollands Koffiehuis in Den Haag, onder voorzitterschap van Jorissen, besloten een chemische vereniging op te richten.[10.] 'De Vereeniging stelt zich ten doel de belangen der Nederlandsche Chemici hier te lande, in de koloniën en in den vreemde te behartigen en hare belangstelling te wijden aan den bloei en de ontwikkeling der Chemische Wetenschap en der Nederlandsche en Nederl. Indische chemische en aanverwante nijverheid'. De voorlopige raad van bestuur bestond uit de hoogleraren Cohen (Utrecht) en Schreinemakers (Leiden), de chemici Jorissen en Reicher, de apothekers mej. Alide Grutterink (1869-1927) van het Coolsingelziekenhuis te Rotterdam en Jan Justus Hofman (1866-1942) uit Den Haag en de technologen H. Baucke (Amsterdam), J. Rutten (Den Haag) en A. Vosmaer (Den Haag). Op de eerste bestuursvergadering (23 mei 1903) werd als dagelijks bestuur gekozen: Cohen (voorzitter), Rutten (secretaris), Grutterink (penningmeesteresse) en Jorissen (vice-voorzitter). Op de eerste algemene vergadering, op 4 juli 1903 in het chemisch laboratorium van de Utrechtse Universiteit aan het Sterrenbos gehouden, werd het voorlopig bestuur bij acclamatie tot algemeen bestuur gekozen. De opgestelde conceptstatuten van de 'Algemeene Nederlandsche Chemische Vereeniging'[11.] werden op dezelfde vergadering goedgekeurd.[12.] Op voorstel van Hondius Boldingh werd de naam van de vereniging veranderd in *Nederlandsche Chemische Vereeniging*. In plaats van het maandelijkse *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène* kwam als officieel orgaan van de vereniging een weekblad, *Chemisch Weekblad*, waarvan op 3 oktober 1903 het eerste nummer verscheen. Bij de oprichting van de *Nederlandsche Chemische Vereeniging* telde deze 150 leden.[13.] Met de oprichting van de Nederlandsche Chemische Vereniging brak een nieuwe periode aan in de geschiedenis van de scheikunde in ons land.

Eindnoten:

1. L.Th. Reicher, 'Het tot stand komen van de Nederlandsche Chemische Vereeniging, het Chemisch Weekblad en het Scheikundig Jaarboekje (later "Chemisch Jaarboekje")', *Chemisch Weekblad* 25(1928)344-341; W.P. Jorissen, 'Enige herinneringen aan de oprichting van de Nederlandsche Chemische Vereniging voor 50 jaren (15 april 1903)', *Chemisch Weekblad* 49(1953)253-255
2. A.J.J. van de Velde, *Tijdschrift voor toegepaste scheikunde en hygiène* 5(1901-1902) 268-269

3. J. Rutten, *Tijdschrift* 5(1901-1902)315-317
4. A.J.J. van de Velde, *Tijdschrift* 5(1901-1902)317
5. A. Vosmaer, *Tijdschrift* 5(1901-1902)379. Vgl. van de Velde, *idem* 6(1902-1903)17-18. Dit was al enige jaren eerder (1897) door H. Baucke geprobeerd voor de gediplomeerde technologen, maar toen op te geringe deelname afgestuit. Zie: H. Baucke, 'Iets over het ontstaan der Ned. Chem. Vereeniging', *Chemisch Weekblad* 5(1908)295-299
6. F.L. van Maanen, *Tijdschrift* 5(1901-1902)379
7. J. Rutten, *Tijdschrift* 5(1901-1902)379-380
8. W.P. Jorissen, L.Th. Reicher en J. Rutten, 'Eene Nederlandsche Chemische Vereeniging', *Tijdschrift* 6(1902-1903)65-68
9. 'Naschrift', *Tijdschrift* 6(1902-1903)68-70
10. *Tijdschrift* 6(1902-1903)287-288
11. 'Concept-Statuten van de Algemeene Nederlandsche Chemische Vereeniging', *Tijdschrift* 6(1902-1903)316-320
12. 'Notulen van de Algemeene Vergadering der Nederlandsche Chemische Vereeniging, gehouden in het Chemisch Laboratorium der Rijks-Universiteit te Utrecht op Zaterdag 4 Juli 1903', *Tijdschrift* 6(1902-1903)370-379
13. Zie de eerste ledenlijst in *Tijdschrift* 6(1902-1903)351-352 en 379-381

Bijlage: het Nederlands hoger onderwijs in de Scheikunde

I. Universiteiten

Leiden (1575)

1658-1672	F. dele Boë, Sylvius (1614-1672), hoogleraar praktische geneeskunde (1658) en tevens scheikunde (1666). [C. Marggraf (1626-1687). Gaf vanaf ongeveer 1659 privaatcolleges in de scheikunde zonder officiële universitaire status.]
1669-1690	C. de Maets [Dematius] (ca 1640-1690), lector geneeskunde (1669), buitengewoon hoogleraar geneeskunde (1670), gewoon hoogleraar genees- en scheikunde (1672).
1690-1718	J. le Mort (1650-1718), lector scheikunde (1690) en hoogleraar (1702) genees- en scheikunde.
1702-1729	H. Boerhaave (1668-1738), lector geneeskunde (1701), hoogleraar botanie en geneeskunde (1709), tevens hoogleraar scheikunde (1718), hoogleraar geneeskunde (1729).
1731-1775	H.D. Gaubius (1705-1780), lector scheikunde (1731), hoogleraar genees- en scheikunde (1734).
1775-1783	J.D. Hahn (1729-1784), hoogleraar genees- en scheikunde (1775).
1783-1795	F.J. Voltelen (1753-1795), buitengewoon hoogleraar genees- en scheikunde (1783).
1795-1819	S.J. Brugmans (1763-1819), hoogleraar botanie (1786), tevens natuurlijke historie (1787), hoogleraar geneeskunde (1791), tevens scheikunde (1799), hoogleraar botanie, chemie en natuurlijke historie (1815).
1819-1845	C.G.C. Reinwardt (1773-1854) [Reinwardt kwam pas eind 1822 naar Leiden. Tijdens zijn afwezigheid werd het onderwijs in de scheikunde waargenomen door J.C. Krauss (1759-1826), hoogleraar geneeskunde en van 1821-1822 door G.J. van der

	Boon Mesch (1786-1822), hoogleraar landhuishoudkunde. Van september 1822 tot mei 1823 nam zijn neef H.C. van der Boon Mesch (1795-1831) het onderwijs in de scheikunde ad interim waar.]
1829-1873	A.H. van der Boon Mesch (1804-1874), buitengewoon (1829) en gewoon (1836) hoogleraar scheikunde.
1874-1901	J.M. van Bemmelen (1830-1911) [H.W. Bakhuis Roozeboom (1854-1907) was van 1889-1893 privaatdocent en van 1893-1896 lector in de fysische chemie.]

1874-1914	A.P.N. Franchimont (1844-1919), buitengewoon (1874) en gewoon (1877) hoogleraar organische scheikunde.

Franeker (1585)

Franeker was hogeschool van 1585 tot 1811 en van 1815-1843 rijksathenaeum (zie aldaar).

1720-1744	W.W. Muys (1682-1744), hoogleraar wiskunde (1709), hoogleraar geneeskunde (1712), tevens scheikunde (1720) en botanie (1726).
1744-1747	F. Winter (1712-1760), hoogleraar genees- en scheikunde (1744) en botanie (1747).
1747-1748	J.J. Ritter (1714-1784), hoogleraar geneeskunde en anatomie (1747).
1748-1755	W. Ouwens (1717-1779), hoogleraar geneeskunde (1748), hoogleraar chemie en botanie (1749).
1755-1772	F.U. Winter (1713-1772), lector chemie en materia medica (1755), hoogleraar genees- en scheikunde (1759).
1773-1787	G. Coopman (1746-1810), hoogleraar chemie en materia medica (1773), hoogleraar geneeskunde (1776).
1787-1797	A. Ypey (1749-1820), lector botanie (1772), hoogleraar geneeskunde, anatomie, wiskunde en vestingbouw (1785), hoogleraar chemie (1787).
1797-1811	Ch. Allardi (1747-1822), hoogleraar geneeskunde, botanie en chemie (1797).

Groningen (1614)

1696-1705	R. Eyssonius (1655-1705), hoogleraar botanie (1695), hoogleraar chemie en anatomie (1696), hoogleraar geneeskunde (1705).
1706-1721	Th. Muyckens (1665-1721), hoogleraar anatomie, botanie en chemie (1706).

1778-1824	P. Driessen (1753-1828), lector chemie, farmacie, therapie en materies medica (1778), buitengewoon hoogleraar geneeskunde (1787), gewoon hoogleraar materies medica, chemie en natuurlijke historie (1791).
1824-1841	S. Stratingh (1785-1841)
1841-1851	C. Mulder (1795-1867)
1851-1868	P.J. van Kerckhoff (1813-1876)
1869-1893	R.S. Tjaden Modderman (1831-1924)
1893-1905	A.F. Holleman (1859-1953)

Utrecht (1636)

1668-1669	C. de Maets (ca 1640-1690), privaatdocent scheikunde (1668).
1694-1723	J.C. Barchusen (1666-1723), privaatdocent (1694), lector (1698) en buitengewoon (1703) hoogleraar scheikunde.
1723-1726	C.B. Albinus (1700-1752), buitengewoon (1723) en gewoon hoogleraar geneeskunde (1724).
1726-1758	E.J. van Wachendorff (1703-1758), privaatdocent scheikunde (1726), hoogleraar geneeskunde, chemie en botanie (1743).
1759-1775	J.D. Hahn (1729-1784), hoogleraar filosofie, experimentele fysica en astronomie (1753) en tevens botanie en chemie (1759).

1775-1794	A.P. Nahuys (1737-1794), hoogleraar geneeskunde, botanie, chemie en fysiologie (1775).
1794-1795	S.J. van Geuns (1767-1795), hoogleraar geneeskunde, botanie en fysiologie (1791), hoogleraar chemie (1794).
1795-1840	N.C. de Fremery (1770-1844), hoogleraar geneeskunde, chemie, farmacie en natuurlijke historie (1795).
1829-1855	P.J. I de Fremery (1797-1855), buitengewoon hoogleraar in de chemie 'toegepast op kunsten en handwerken' (1829).
1840-1868	G.J. Mulder (1802-1880) [Lector in de scheikunde was van 1846-1847 C.H.D. Buys Ballot (1817-1890) en van 1854-1857 J.W. Gunning (1827-1900).]
1864-1902	E. Mulder (1832-1924), titulair buitengewoon (1864), buitengewoon (1868) en gewoon (1876) hoogleraar.
1868-1876	P.J. van Kerckhoff (1813-1876)
1876-1903	H.C. Dibbits (1838-1903)

Harderwijk (1648)

Harderwijk was hogeschool van 1648 tot 1811 en daarna rijksathenaeum (zie aldaar).

1754-1756	H. van Haastenburg (1724-1769), hoogleraar genees-, heel-, schei- en kruidkunde (1755).
1756-1771	P. 's-Graeuwen (1715-1779), hoogleraar genees- en heelkunde (1755), hoogleraar anatomie, chemie en botanie (1756).
1771-1775	N.G. Oosterdijk (1740-1817), hoogleraar geneeskunde (1771).
1776-1791	M. van Geuns (1735-1817), hoogleraar genees- en verloskunde, chemie en botanie (1776).
1791-1796	C.P. Schacht (1767-1800), hoogleraar geneeskunde, botanie, natuurlijke historie en chemie (1791).

1801-1808	C.G.C. Reinwardt (1773-1854), hoogleraar chemie, botanie en natuurlijke historie (1801).
1809-1811	J.G. Roozeboom (1782-1811), hoogleraar chemie, botanie en natuurlijke historie (1809).

Amsterdam (1876)

Amsterdam was van 1632 tot 1876 een gemeentelijk athenaeum illustre (zie aldaar).

1876-1896	J.W. Gunning (1829-1900)
1877-1895	J.H. van 't Hoff (1852-1911), lector (1877) en hoogleraar scheikunde (1878).
1896-1907	H.W. Bakhuis Roozeboom (1854-1907)
1896-1904	C.A. Lobry van Troostenburg de Bruyn (1857-1904), hoogleraar organische chemie.

II. Rijksathenaea

(universiteiten zonder het recht akademische graden te verlenen)

Franeker (1815-1843)

1815-1816	Ch. Allardi (1747-1822)
1816-1822	J.G.S. van Breda (1788-1867)
1822-1841	C. Mulder (1795-1867)
1841-1843	P. Harting (1812-1885)

Harderwijk (1815-1818)

1815-1818	J. Vosmaer (1783-1824), hoogleraar chemie, botanie en farmacie (1815).

III. Gemeentelijke Athenaea

Deventer (1630-1864)

1789-1795	G. Westenberg (1738-1795), hoogleraar geneeskunde (1788).
1840-1841	J.F. Hoffman (1813-1841), hoogleraar chemie en botanie (1839).
1841-1864	M.J. Cop (1818-1876), hoogleraar chemie en botanie (1841).

Amsterdam (1632-1876)

Amsterdam was van 1632-1876 een athenaeum illustre en daarna gemeentelijke universiteit (zie aldaar).

1785-1817	D. van Rhyn (1745-1817), hoogleraar chemie, farmacie en materia medica (1785).
1815-1819	C.G.C. Reinwardt (1773-1854) [Reinwardt vertrok in 1815 naar Indië als ‘directeur voor de zaken van landbouw, kunsten en wetenschappen op Java en

	naburige eilanden'. In 1819 werd hij als hoogleraar in Leiden benoemd. Het onderwijs werd tot 1823 gegeven door de Amsterdamse medicus H.W. van Rossem (1785-1850).]
1823-1831	H.C. van der Boon Mesch (1795-1831)
1834-1847	W.S. Swart (1807-1847) [Swart nam vanaf 1831 de lessen scheikunde waar als 'onderwijzer in de chemie'.]
1848-1865	E.H. von Baumhauer (1820-1885)
1865-1876	J.W. Gunning (1827-1900)

IV. Polytechnische school Delft (1864-1905)

Aan de Koninklijke Akademie voor Ingenieurs te Delft (1842-1864) was leraar (1843) en hoogleraar (1846-1858) scheikunde C.F. Donnadieu (1812-1858). Van 1854-1864 was E. Mulder (1832-1924) leraar, die wegens buitengewoon verlof in 1862-1863 vervangen werd door H.C. Dibbits (1838-1902), assistent aan de Utrechtse Universiteit.

1864-1895	A.C. Oudemans jr (1831-1895)
1885-1905	S. Hoogewerff (1847-1934)
1895-1905	L. Aronstein (1841-1913) [Leraren in de scheikundige technologie waren van 1864-1891 L.C. Levoir (1832-1908), van 1891-1893 W.D. Gratama en in 1894 Aronstein.]

Index van personen